

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS HIDROPÓNICOS EN
DOS VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea L.*) EN
AMBIENTE PROTEGIDO EN LA CIUDAD DE EL ALTO.**

LIZETH YERKA SORIA SARAMANI

LA PAZ – BOLIVIA

2011

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

***EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS HIDROPÓNICOS EN DOS
VARIETADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.) EN AMBIENTE PROTEGIDO
EN LA CIUDAD DE EL ALTO.***

*Tesis de Grado presentada como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero en Agronomía*

LIZETH YERKA SORIA SARAMANI

Asesores:

Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. MSc. Yakov Arteaga Garcia

Comité Revisor:

Ing. Ph.D. René Chipana Rivera

Ing. Freddy Porco Chiri

Ing. Hugo Bosque Sanchez

APROBADA

DEDICATORIA

Primeraente a Dios, a la Virgen de Copacabana y al Sr. de Santiago por el eterno amor y por ser guía en el camino de mi vida

A mi mami Guillermina Caballero que esta gozando del descanso eterno alado de Dios.

A mi madre Isabel Saramani y a mi tio Angel Denis Astorga C. por el aliento y apoyo en la culminación de mi tesis y en el desarrollo de mi vida personal.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a mi país Bolivia que mediante la Universidad Mayor de San Andrés, nos permite a los jóvenes acceder a una formación superior gratuita, dotándonos del mejor instrumento para hacer de Bolivia una patria digna.

A la Facultad de Agronomía por albergarme en sus aulas, al plantel docente de la Facultad de Agronomía de la U.M.S.A., por sus conocimientos brindados en mi formación profesional.

Al Proyecto Micro Huertas Populares dependiente del Gobierno Municipal de El Alto, que hizo posible la investigación del presente trabajo, y a todo el personal.

A la Unidad Educativa "Simón Bolívar" del Distrito 2, de la Ciudad de El Alto, por el apoyo brindado.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes personas.

Al Ing. Ph.D. David Cruz Choque y al Ing. MSc. Yagov Arteaga García,, por su asesoramiento constante y dedicada orientación durante el desarrollo del trabajo.

Al Ing. Ph.D. René Chipana Rivera, Tribunal Revisor, por la paciencia y desprendimiento en la labor de Revisor, al leer este documento corrigiendo conceptos para mejorar el presente trabajo.

Al Ing. Freddy Porco Chiri, Tribunal Revisor por brindarme su tiempo para la lectura del documento y realizar correcciones para la mejora del trabajo.

Al Ing. Hugo Bosque Sánchez, Tribunal Revisor por su desprendimiento, quien me brindo una serie de correcciones para la culminación del trabajo.

Mi cariño y mas profundo agradecimiento a mi Sra. madre Isabel Saramani Estrada mi tío Ángel Denis Astorga Caballero, por su incomparable, amor, comprensión y aliento que facilitaron mi trabajo. Asimismo agradecer a mi tía Maria Loor de Astorga a mis primitos Alejandra, Fabricio e Itzel por el apoyo moral e incondicional que me brindaron a lo largo del presente trabajo de Tesis.

Un agradecimiento especial a las siguientes personas:

Agradecer al Ing. Moisés Quiroga por su amistad, colaboración y guía durante el trabajo de investigación.

Mauricio Fernández, por apoyarme en mi trabajo y por estar a mi lado en los momentos difíciles.

Finalmente a mis amigos y compañeros de la facultad Mayra, Grover, Wilmer, Edwin, Marielena, Israel y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su valiosa amistad.

INDICE

I.	ANTECEDENTES.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Justificación.....	2
II.	OBJETIVOS.....	4
2.1	Objetivo General.....	4
2.2	Objetivos Específicos.....	4
2.3	Hipótesis.....	4
III.	REVISIÒN BIBLIOGRAFICA.....	5
3.1	Cultivo de la espinaca	5
3.1.1.	Origen.....	5
3.1.2.	Cultivo de la espinaca.....	6
3.1.3.	Principales productores a nivel mundial.....	6
3.1.4.	Clasificación taxonómica.....	7
3.1.5.	Características.....	8
3.1.6.	Importancia del cultivo.....	8
3.1.7.	Descripción botánica.....	11
3.1.8.	Descripción del Cultivo.....	12
3.1.9.	Adaptabilidad del cultivo.....	12
3.1.10.	Almacigo.....	12
3.1.11.	Requerimiento del cultivo.....	13
3.1.12.	Labores culturales.....	14
3.1.13.	Variedades.....	15
3.1.13.1	Viroflay.....	15
3.1.13.2	Skokoum.....	15
3.1.14.	Plagas y Enfermedades.....	16

3.2	Resumen histórico de la Hidroponía.....	16
3.2.1	Hidroponía.....	18
3.2.2	Cultivos Hidropónicos.....	18
3.2.3	Ventajas de los cultivos hidropónicos.....	19
3.2.4	Contenedores.....	20
3.2.5	Sustratos.....	21
3.2.5.1	Características que deben tener los sustratos.....	21
3.2.5.2	Propiedades de los sustratos.....	24
3.2.5.3	Mezcla de sustratos.....	26
3.2.6	Solución nutritiva.....	27
3.3	Sistemas atemperados.....	29
3.3.1.	Tipos de ambientes protegidos.....	29
3.3.2.	Importancia del ambiente protegido.....	29
3.3.3.	Orientación.....	29
3.3.4.	Carpas Solares.....	30
3.3.5.	Tipos de carpas solares.....	30
3.3.6.	Variables micro climáticas en carpa solar.....	30
3.3.6.1	Temperatura.....	31
3.3.6.2	Humedad Relativa.....	31
3.3.6.3	Luminosidad.....	31
3.3.6.4	Ventilación.....	32
3.3.6.5	Materiales de Recubrimiento.....	32
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	33
4.1	Características generales.....	33
4.1.1.	Localización.....	33
4.1.2.	Ubicación Geográfica.....	33
4.2	Características Ecológicas.....	34
4.2.1.	Clima.....	34
4.2.2.	Características del ambiente protegido.....	34
4.3	Materiales.....	34
4.3.1	Material Vegetal.....	34

4.4	Metodología.....	36
4.4.1.	Diseño Experimental.....	36
4.4.1.1	Modelo Lineal Aditivo.....	36
4.4.2.	Factores de estudio.....	36
4.4.3.	Tratamientos.....	36
4.4.4.	Procedimiento Experimental.....	37
4.4.4.1	Construcción y forrado de contenedores de sustrato..	37
4.4.4.2	Drenaje.....	37
4.4.4.3	Ubicación de los contenedores.....	38
4.4.4.4	Preparación de Sustratos.....	38
4.4.4.5	Siembra en almaciguera.....	39
4.4.4.6	Trasplante.....	39
4.4.4.7	Equipos y materiales para la preparación de la solución nutritiva.....	40
4.4.4.8	Preparación de nutrientes.....	40
4.4.4.9	Prácticas Culturales.....	41
4.4.4.10	Toma de datos.....	43
4.4.4.11	Cosecha.....	43
4.4.4.12	Registro de Temperatura y Humedad.....	44
4.4.4.13	Análisis Estadístico.....	44
4.4.4.14	Croquis del experimento.....	44
4.5	VARIABLES DE RESPUESTA.....	45
4.5.1	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	45
4.5.2	Análisis económico de presupuestos parciales.....	46
4.5.3	Propiedades físicas del suelo.....	47
V	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
5.1	Fluctuaciones de temperatura.....	48
5.2	Humedad relativa.....	49
5.3	Análisis físico del sustrato	50
5.3.1	Densidad aparente.....	50
5.3.2	Densidad real	50
5.3.3	Porosidad	51

5.4	Variables Agronómicas a la Cosecha.....	51
5.4.1.	Altura de la Planta	51
5.4.2.	Número de hojas.....	53
5.4.3.	Largo de hojas.....	53
5.4.4.	Ancho de la hoja.....	55
5.4.5.	Rendimiento	56
5.4.6.	Eficiencia de uso de agua.....	58
5.5	Análisis de costos parciales de producción.....	59
VI.	CONCLUSIONES	61
VII.	RECOMENDACIONES.....	63
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	65
	ANEXOS	67

INDICE TABLAS

Tabla 1	Producción de espinaca a nivel mundial.....	6
Tabla 2	Clasificación taxonómica.....	7
Tabla 3	Características del cultivo de espinaca	8
Tabla 4	Composición nutritiva de la espinaca	9
Tabla 5	Muestra de las cantidades de elementos necesarios para la preparación de la Solución A: Nutriente mayor.....	28
Tabla 6	Muestra de las cantidades de elementos necesarios para preparar la Solución B: Nutriente menor.....	28
Tabla 7	Factores de estudio: Tipos de sustrato y variedades de espinaca.....	36
Tabla 8	Tratamientos de estudio: Tipos de sustratos y variedades de Espinaca.....	37
Tabla 9	Análisis de varianza para altura de planta.....	52
Tabla 10	Prueba Duncan para sustratos altura de planta.....	52
Tabla 11	Análisis de varianza para número de hoja.....	53
Tabla 12	Análisis de varianza para largo de hoja.....	54
Tabla 13	Prueba Duncan para sustratos para largo de hoja	54
Tabla 14	Análisis de varianza para ancho de hoja.....	55
Tabla 15	Prueba Duncan para sustratos para ancho de la hoja.....	56
Tabla 16	Análisis de varianza para rendimiento.....	56
Tabla 17	Promedio de rendimiento por sustratos.....	57
Tabla 18	Eficiencia de uso de agua	58
Tabla 19	Análisis económico de la producción del cultivo de espinaca en ambiente protegido.....	60

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Descripción de la Planta de Espinaca	11
Fig. 2	Mapa de ubicación del área de estudio.....	33
Fig. 3	Modelo de la carpa.....	34
Fig. 4	Variedades de espinaca	35
Fig. 5	Solución nutritiva.....	35
Fig. 6	Construcción y forrado de contenedores.....	37
Fig. 7	Colocado de drenaje al contenedor.....	38
Fig. 8	Mezcla de sustratos.....	39
Fig. 9	Trasplante de las dos variedades de espinaca.....	40
Fig. 10	Escarda del cultivo de espinaca.....	41
Fig. 11	A Cantidad de nutriente para 2 litros de agua.....	42
Fig. 12	Revisión de hoja por hoja para el control.....	42
Fig. 13	Toma de datos.....	43
Fig. 14	Cosecha del cultivo.....	43
Fig. 15	Temperatura máximas y mínimas en la carpa solar.....	49
Fig. 16	Humedad relativa del ambiente (%) al interior de la carpa.....	49
Fig. 17	Densidad aparente del sustrato hidropónico.....	50
Fig. 18	Densidad real del sustrato hidropónico.....	50
Fig. 19	Porosidad del sustrato hidropónico.....	51
Fig. 20	Promedio de cantidad de agua.....	58

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

➤ Promedio de altura de planta del cultivo	68
➤ Promedio de largo de hoja del cultivo	68
➤ Promedio de ancho de la hoja del cultivo	68
➤ Promedio de numero de hoja del cultivo	69
➤ Promedio de rendimiento comercial del cultivo	69

ANEXO 2

1. Presupuesto.....	70
2. Costos variables por tratamiento.....	70

ANEXO 3

Fig. 1	Fabricación de contenedores.....	71
Fig. 2	Materiales que se utilizaron para la mezcla de los sustratos Sustratos.....	71
Fig. 3	Ubicación de los contenedores con los plantines de Espinaca.....	72
Fig. 4	Riego y nutrición a cultivo de espica en sustrato sólido....	72
Fig. 5	Remoción del sustrato para la aireación y control del Cultivo de espinaca.....	72
Fig. 6	Toma de datos de altura del cultivo de espinaca.....	73
Fig. 7	Toma de datos del ancho de hoja.....	73
Fig. 8	Cosecha del cultivo de espinaca.....	73
Fig. 9	Toma de datos del peso de las hojas del cultivo.....	73
Fig. 10	Hojas de espinaca acomodadas en las bandejas para Introducir a la estufa.....	74
Fig. 11	Ingreso de las hojas a la estufa.....	74

RESUMEN

La presente Tesis que lleva como título “Evaluación de tres tipos de sustratos hidropónicos en dos variedades de espinaca en ambiente protegido en la Ciudad de El Alto”, fue realizada con el apoyo del proyecto Micro Huertas Populares dependiente del Gobierno Municipal de El Alto del departamento de La Paz, Bolivia.

El estudio fue direccionado a identificar y determinar que tipo de sustratos y variedad de espinaca puede ser mejor aprovechado en la producción de este vegetal.

Esta investigación de tesis fue iniciativa propia con el fin de conocer nuevas alternativas de cultivo hidropónico que brinden un mejor rendimiento y calidad para la comercialización y la mejora de los hábitos alimenticios de las familias de la urbe alteña, además de proporcionar una línea base que sirva de referencia a futuros estudios y proyectos en el campo alimentario.

El mismo fue realizado en la carpa solar de la Unidad Educativa Simón Bolívar, ubicada en la zona de Villa Bolívar “D” quienes también apoyaron en la presente investigación.

En resumen, los resultados obtenidos fueron positivos ya que el cultivo de espinaca en carpa solar mostró buenos resultados a lo largo del trabajo de investigación, sin embargo el análisis económico de beneficio costo no es muy alentador.

I. ANTECEDENTES

En el país, gran parte de la extensión territorial está considerada como altiplano árido, bajas temperaturas, poca disponibilidad de agua y presenta condiciones adversas para la agricultura, en este sentido las hortalizas son escasas en la región. Esta situación climática, requiere de proporcionar, a los sistemas productivos, ambientes más adecuados y atemperados para su cultivo y posterior producción.

Por estas condiciones la producción de hortalizas en el altiplano boliviano, en ambientes atemperados, es una actividad apoyada por Instituciones del gobierno y organizaciones no gubernamentales, que se viene desarrollando aproximadamente hace 20 años, por la dificultad de generar producción a campo abierto.

1.2 Introducción

Marulanda (2003), menciona que en las últimas décadas, por las elevadas tasas actuales de crecimiento poblacional, demandan alimentos en los centros urbanos, a menos que se emplee nuevas tecnologías que permita incrementar los rendimientos de los cultivos o posibilite producir más en una determinada superficie.

La producción de la región del altiplano es muy limitada debido a las características de los suelos y el clima frígido, sin embargo a pesar de estas limitantes se considera a esta zona apta para la producción de hortalizas en ambientes controlados.

Una forma de producir hortalizas en el área urbana y peri urbana de la ciudad de El Alto es a través del aprovisionamiento de carpas solares familiares lo que facilitará la disponibilidad y el acceso que complementará su dieta diaria a través de verduras y hortalizas frescas.

La producción hidropónica como técnica, ha demostrado ser una opción interesante para permitir el cultivo de hortalizas de forma sana, eficaz, eficiente, competitiva y para la comercialización de los mismos en los diferentes mercados del país.

El cultivo de espinaca, en relación con otros alimentos, es consumido eventualmente como ensalada fresca y nos permite, de otra forma, generar ingresos dentro de la cadena productiva de las familias de escasos recursos su producción en nuestro

medio es muy importante desde el punto de vista nutritivo y de balance dietético en la alimentación de las familias.

Por otra parte, permite el acceso a formas de organización y de gestión que permiten la generación de iniciativas de empleo, promoción de personal y de superación de los niveles actuales de pobreza.

En este sentido, la producción hidropónica de cultivos como la espinaca, bajo diferentes tipos de sustrato, permite aprovechar áreas reducidas, ofreciendo diversidad, calidad, alta productividad y mayor eficiencia en el uso del agua y de espacios.

Por lo expuesto surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación como respuesta agronómica a estas deficiencias, a través del cultivo de la espinaca en 2 variedades y con 3 diferentes tipos de sustratos hidropónicos bajo ambientes controlados y atemperados como son las carpas solares.

1.2 Justificación

El cultivo de la espinaca es poco conocido en el altiplano, por tanto se desconoce el comportamiento agronómico y rendimiento que pueda tener.

La producción de espinaca, en ambientes protegidos, es una alternativa interesante para el productor del altiplano. Este cultivo al ser de ciclo corto permite tener entre cinco a siete cosechas durante su ciclo vegetativo.

Por la demanda del producto en los mercados y supermercados de la ciudad, se puede incrementar los ingresos del productor y obtener un recurso nutricional y proteico para su propia alimentación y la de su familia.

La presente investigación mostrará las alternativas de utilización de tres diferentes tipos de sustratos y determinar cuales tienen mejor respuesta para la producción de la espinaca y además dar a conocer la adaptabilidad y los rendimientos de este producto.

Se ha visto por conveniente la utilización de los siguientes sustratos como ser el ladrillo molido, cascarilla de arroz y el aserrín materiales de desecho industrial a los cuales se les puede dar un uso, constituyéndose en este caso como la materia prima

para la presente investigación, ya que en lugar de ser desechados son utilizados de una manera optima con un impacto en la disminución de los costos de producción.

II. OBJETIVOS

2.4 Objetivo General

Evaluar tres tipos de sustratos hidropónicos en dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en ambiente protegido en la ciudad de El Alto.

2.5 Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de espinaca.
- Comparar los tres tipos de sustratos hidropónicos.
- Determinar la interacción entre los tres tipos de sustrato hidropónico frente a las dos variedades de espinaca bajo condiciones de ambiente protegido.
- Comparar los costos parciales de producción de la espinaca en los diferentes tratamientos.

2.6 Hipótesis

- El comportamiento agronómico de dos variedades de espinaca no presenta efectos diferentes.
- Los tres tipos de sustratos hidropónicos no presentan diferencia.
- La interacción entre los tres tipos de sustrato hidropónico frente a las dos variedades de espinaca no presentan efectos.
- La comparación de los costos parciales de producción de la espinaca en los diferentes tratamientos no presentan diferencia.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.3 Cultivo de la espinaca

3.1.1. Origen

El origen de las espinacas presenta numerosas lagunas que hasta el día de hoy no han podido ser resueltas por los expertos en botánica, tan sólo algunas hipótesis apuntan a una primigenia variedad o forma original silvestre procedente del suroeste asiático.

Las primeras noticias de la introducción de esta planta en Europa se remontan al siglo XI d.C. cuando el pueblo musulmán, en su expansión hacia occidente a través del Norte de África, la llevaría hasta al-Andalus. No obstante el aislamiento de la Península Ibérica durante la Edad Media a consecuencia del dominio árabe sin traspasar los Pirineos (Su expansión hacia Europa se vio frenada por el líder franco Carlos Martel, derrotándolos en la Batalla de Poitiers o Tours, en el 732), resultaría un freno a la expansión del cultivo de espinacas hacia el norte del Viejo Continente. Sería una vez reconquistada la mayor parte de la península y gracias a las cruzadas cuando, durante los siglos XV y XVI, llegarían las plantaciones a zonas de Holanda, Inglaterra o Francia, aumentando así el consumo.

Más tarde se introduciría en el continente americano de la mano de los europeos, pero sería a partir de los años 20-30 del siglo XX cuando se convertiría en un alimento muy popular al descubrirse sus excelentes propiedades nutritivas y alimentar a uno de los personajes más famosos de los tebeos norteamericanos: Popeye, un simpático marinero que multiplicaba su fuerza al comerlas.

Una anécdota de la Primera Guerra Mundial cuenta que los soldados franceses con sensaciones de debilidad o cansancio bebían vino con un añadido a base de jugo de espinaca para recobrar fuerza debido a la creencia de que el alto contenido de clorofila en esta planta otorgaba poder de recuperación. El tiempo ha demostrado que las espinacas aportan una gran cantidad de energía al consumirlas, no contienen grasa y facilitan la digestión.

3.1.2. Cultivo de la espinaca

Borrego (1993) menciona que la espinaca fue considerada por el escritor árabe español Ibn-AL-Awan como "la mejor de las hortalizas", siendo muy apreciada por su elevado valor nutritivo, riqueza vitamínica y su contenido en hierro, lo que hace que la planta posea un elevado poder antianémico.

Por otra parte Valadez (1996) indica que la espinaca es una hortaliza de hoja que se consume en forma cocida, pero que también se puede industrializar o enlatar. En la familia de las quenopodiáceas destaca la espinaca por su alto valor nutritivo, caracterizándose por su alto contenido en hierro y vitamina A.

3.1.3. Principales productores a nivel mundial

Actualmente el cultivo de esta planta se encuentra extendido por todo el mundo, siendo los principales países productores China, Japón y Estados Unidos. España destaca entre las naciones punteras con cifras superiores a las 60.000 toneladas anuales aunque muy lejos de las más de 300.000 norteamericanas y los 7 millones chinos. (www.regmurcia.com)

Tabla 1 Producción de espinaca a nivel mundial

Países	Producción espinacas año 2007 (toneladas)	Producción espinacas año 2009 (toneladas)
China	7.411.000	7.811.000
Japón	319.300	320.000
Estados Unidos	283.540	328.180
Turquía	210.000	210.000
Bélgica-Luxemburgo	150.000	110.000
República de Corea	122.000	122.000
Francia	112.419	109.511
Italia	94.825	90.000
Indonesia	85.000	85.000
Pakistán	75.908	77.542
España	60.000	60.000
Alemania	59.453	55.139
Grecia	47.000	47.000

Países Bajos	35.000	40.000
México	27.218	27.000
Bangladesh	27.000	27.000
Portugal	14.000	14.000
Túnez	12.500	12.000
Perú	8.291	11.373
Austria	7.799	10.089
Hungría	7.000	11.000
República Checa	5.280	4.624
Australia	5.000	5.000

Fuente: Infoagro.com

3.1.4. Clasificación taxonómica

Borrego nos indica la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 2 Clasificación taxonómica

Reino :	Vegetal
Sub reino:	Embryobionta
División :	Magnoliophyta
Clase :	Magnoliopsida
Sub clase:	Caryophyllidae
Orden :	Caryophyllales
Familia :	Chenopodiaceae
Género :	Spinaceae
Nombre científico:	<i>Spinacea oleracea L.</i>
Nombre común :	Espinaca

Fuente: Borrego (1995)

3.1.5. Características

En la tabla 3 se muestra las características del cultivo.

Tabla 3 Características del cultivo de espinaca

Días de germinación	7-12 días
Distancias entre plantas	25-30cm
Duración de la primera cosecha	45 - 50 días
Ciclo de vida	3 – 5 meses
Numero de cosecha	4 – 6 cosechas
Rendimiento por surco de 30.5 m	18.4 Kg
Época de siembra	Febrero a marzo
Sensibilidad a heladas	Resistente
Numero de semilla por gramo	80
Técnica hidropónica recomendada	Sustrato

Fuente: López (1994)

3.1.6. Importancia del cultivo

a. Tolerancia al frío

Entre las principales hortalizas de clima frío, cuya temperatura media mensual es de 15 a 18°C está la espinaca (Valdez, 1996). Las variedades propias de invierno soportan temperaturas bajas que pueden llegar a 5°C, por debajo de 0 sin llegar a dañarse (Serrano, 1979).

b. Tolerancia a la salinidad

El cultivo de la espinaca tiene una tolerancia de 10 a 12 ds/m pero esta depende de las condiciones de clima, suelo y prácticas de manejo.

c. Valor nutritivo

Estos vegetales son muy ricos en hierro, pero también son extraordinariamente importantes como fuente de vitaminas A, B, C y D. Contienen además proporciones importantes de Calcio, Fósforo, potasio, cloro, sodio y magnesio. Son ricas también en ácido oxálico un estimulante del páncreas. (Unterladstatter, 2000).

d. Composición nutritiva de la espinaca

La espinaca es una hortaliza con un elevado valor nutricional y carácter regulador, debido a su elevado contenido en agua y riqueza en vitaminas y minerales.

Tabla 4 Composición nutritiva de espinaca

Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible	
Prótidos (g)	3.2-3.77
Lípidos (g)	0.3-0.65
Glúcidos (g)	3.59-4.3
Vitamina A (U.I.)	8.100-9.420
Vitamina B1 (mg)	110
Vitamina B2 (mg)	200
Vitamina C (mg)	59
Calcio (mg)	81-93
Fósforo (mg)	51-55
Hierro (mg)	3.0-3.1
Valor energético (cal)	26

Fuente. López (1994)

Las espinacas destacan sobre todo por una riqueza en vitaminas y minerales que sobrepasa a la de la mayoría.

En relación con su riqueza vitamínica, las espinacas presentan cantidades elevadas de provitamina A y de vitaminas C y E, todas ellas de acción antioxidante. Asimismo es muy buena fuente de vitaminas del grupo B como folatos, B2, B6 y, en menor proporción, también se encuentran B3 y B1.

La provitamina A se transforma en vitamina A conforme el cuerpo la necesita. Dicha vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

La vitamina C interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, al tiempo que favorece la absorción del hierro de los alimentos y aumenta la resistencia frente las infecciones.

La vitamina E interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad.

Los folatos colaboran en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y en la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

La vitamina B2 o Riboflavina se relaciona con la producción de anticuerpos y de glóbulos rojos, interviene en procesos de obtención de energía y en el mantenimiento del tejido epitelial de las mucosas.

En cuanto a su contenido en minerales, las espinacas son ricas en calcio, hierro, magnesio, potasio, sodio, además de presentar también buenas cantidades de fósforo y yodo. Lo que ocurre es que el calcio es de peor aprovechamiento que el que procede de los lácteos u otros alimentos que son fuente importante de este mineral. Algo similar ocurre con el hierro, cuya absorción es mucho mayor cuando procede de alimentos de origen animal.

El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos. Además, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

El potasio, al igual que el sodio, es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal. Regula también el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

El fósforo tiene una importante función estructural. Forma parte de huesos y dientes y colabora en los procesos de obtención de energía.

El yodo es indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroidea, que regula el metabolismo.

De su contenido de sustancias antioxidantes, además de la provitamina A y de las vitaminas C y E, las espinacas son ricas en glutatión, ácido ferúlico, ácido cafeico, ácido beta-cumárico y carotenoides como la luteína y la zeaxantina. Éstos últimos son compuestos muy importantes para la salud de los ojos.

También es utilizado en la medicina ya que es bueno para la artritis, reumatismo, inflamación intestinal, estreñimiento, diarrea, debilidad, anemia, hemorroides y enfermedades de la piel, por su contenido alto de hierro (Torres, 1994).

3.1.7. Descripción botánica

Según Borrego, (1995) nos da la siguiente descripción botánica.



Fig. 1 Descripción de la Planta de espinaca

a. Raíz

El sistema de raíces de la espinaca es menos profundo y vigoroso que los de la acelga, la raíz principal puede medir de 18 a 30 cm. de ancho, la misma tiene la forma pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.

b. Tallo

El tallo es corto y rudimentario, llegando a medir de 5 a 30 cm. aunque su tamaño dependerá de la variedad a la que pertenezcan.

c. Hojas

Hojas caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo.

d. Flor

Forma un escapo floral que puede alcanzar un porte superior a los 80 cm. Las flores son verdosas y es importante señalar que se trata de una especie dioica, es decir que existen plantas de espinaca con flores masculinas y plantas con flores femeninas. Las flores masculinas aparecen en espigas terminales o axilares en grupos de 6- 13. Las flores femeninas se agrupan en grumérulos axilares.

e. .Semillas

De forma lenticular, lisas en unas variedades y espinosas en otras. Como término medio tienen una capacidad germinativa de 4 años, en 1 gr. puede contener de 50 - 70 semillas.

3.1.8. Descripción del Cultivo

Según Borrego, (1995) la descripción del cultivo es:

a. Forma

Existen cultivares erectos, semi postrados o postrados.

b. Tamaño y peso

El tamaño de las hojas depende mucho de la variedad y el tipo de nutrientes a disponibilidad. Puede llegar a pesar 20gr la hoja.

c. Color

Es de color verde claro o verde oscuro dependiendo de la variedad.

d. Sabor

Como la mayoría de las hortalizas es de sabor muy agradable, dulce y jugoso.

3.1.9. Adaptabilidad del cultivo

Se la puede cultivar sólo en los meses más fríos del año es decir a partir de finales de mayo a julio. En los Valles es una especie que puede dar durante todo el año siempre y cuando no se presenten heladas intensas (Unterladstatter, 2000).

3.1.10. Almacigo

Cuando la siembra se hace en líneas, se separan entre 25 a 35 cm. según la variedad elegida. La profundidad de siembra es aproximadamente de 2 cm. La forma de sembrar (chorrillo o voleo). Cuando la siembra se hace con el fin de recolectar escalonada las hojas la cantidad de semillas que se emplea es de 4kg/mil m² aproximadamente un gr. por cada metro lineal que se siembra. Las plantas tardan en emerger de 10 a 20 días según las temperaturas ambientales (Serrano, 1979).

3.1.11. Requerimiento del cultivo

(Marulanda, 2003), indica que las dosis de abono que se aplique al cultivo de espinaca dependerá de la fertilidad del suelo, pueden recomendarse las cantidades siguientes:

- a) 250kg/ha de N b) 50kg/ha de P₂O₅ c) 200kg/ha de K₂O

a. Clima

Se logra un ritmo de crecimiento óptimo durante un tiempo relativamente frío; resistente a las heladas cuando estos no son de gran magnitud. Las temperaturas medias para el crecimiento son las siguientes: óptimo de 15-18°C. Máximo de 24°C y mínimo 5°C. La floración de espinaca es foto y termo dependiente, se requiere días en alargamiento (más de 14hr.) y temperaturas mayores a los 15-18°C, (Vigliola, 1992). Para la germinación requiere temperatura óptima de 15 a 25°C durante el desarrollo vegetativo temperatura óptima de 15 a 18 °C. Esta planta es de día largo, cuando la duración del día está comprendida entre 10 y 12 horas, se obtiene el máximo rendimiento de cosecha (Serrano, 1979)

b. Humedad

La falta de humedad, principalmente cuando los días son largos y las temperaturas altas produce una “subida” rápida de los tallos florales. (Serrano, 1979)

c. Riego

La espinaca teme bastante los excesos de agua, aunque para un desarrollo rápido necesita de humedad en el suelo, no es muy exigente en riegos. Los riegos deben darse con poco volumen y frecuentes. Los riegos por aspersión van bastante bien a esta hortaliza. Se puede aplicar en general de 4 a 6 riegos, dependiendo del tipo de suelo, época del año con un intervalo promedio de 17 días (Valdez, 1993).

d. PH

Al cultivo de espinaca no le conviene valores del pH inferior a 6. Los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar problemas de clorosis férrica.

De la misma forma los suelos ácidos originan un cierto enrojecimiento peculiar, resistente a la salinidad (Borrego, 1995).

3.1.12. Labores culturales

a. Aporque

El aporque hace que se elimine las malas hierbas y deje el terreno en buen estado de estructura, puede repetirse varias veces hasta que las plantas cubran casi todo el suelo. Esta operación puede hacerse a mano o mecánicamente (Serrano, 1979).

b. Control de malezas

La espinaca es un cultivo que es muy susceptible a la competencia por malezas, dado su porte relativamente bajo que presenta, siendo además, exigente en cuanto a fertilización y humedad del suelo. Por este motivo, la presencia de malezas afecta en gran manera el desarrollo de este cultivo. Por lo general deben hacerse varias y frecuentes escardas manuales, a medida que aparecen las malezas, (Unterladstatter, 2000).

c. Deschuponado

El deschuponado se realiza con el fin de promover un mayor desarrollo de la planta, obtener hojas más grandes y libres para captar mayor radiación solar.

d. Cosecha

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-80 días tras la siembra. Puede efectuarse de dos formas principalmente:

➤ Recolección manual

Consiste en ir cortando poco a poco las hojas más desarrolladas de la espinaca

➤ Recolección mecanizada

Las máquinas que se utilizan son unas segadoras que cortan las plantas a 2 o 3 cm. del suelo, dotados de una cinta transportadora, que traslada las hojas, cortadas hasta un remolque o contenedor (Borrego, 1995).

e. Rendimiento

La producción extensiva rinde unos 10 mil Kg. por hectárea, en cultivo intensivo cortando las plantas pueden obtenerse de 15 a 20 mil Kg., por hectárea, en cultivo bajo condiciones de ambiente protegido se pueden recolectar hasta 50 mil Kg. por hectárea (Serrano, 1979).

f. Conservación

La conservación frigorífica a 0-(-1 °C) y 90-95 % de humedad relativa permite un almacenamiento entre 2 y 4 semanas. (Borrego, 1995).

3.1.13. Variedades

En la espinaca, cuando se cultiva en invernadero, conviene tener en cuenta en sus variedades lo siguiente: época de cultivo, resistencia a la humedad y al frío, resistencia a subirse, tamaño de hojas, color de las hojas, tamaño del pecíolo, precocidad, resistencia a enfermedades (Serrano, 1979),

3.1.13.1 Viroflay

Resistente a la humedad y al frío. De ciclo precoz y de gran productividad. Hojas grandes, de pecíolo largo, forma lanceolada, color verde, consistencia media y poco globosa (Serrano, 1979)

3.1.13.2 Skokoum

Está generalmente listo para la cosecha 45 días después de la siembra. Sus hojas verde oscuro son ligeramente arrugadas, esta planta tiene un hábito de crecimiento erecto que hace fácil para la cosecha.

Esta variedad de espinaca prospera en climas fríos como el clima cálido con una temperatura ideal de entre 50 y 60 grados F, que es tradicionalmente un cultivo de invierno en el Sur y un principio de la primavera o finales del verano. Tradicionalmente, las espinacas se plantan alrededor de 4 semanas antes de la fecha de la última helada promedio. Debido a que la temporada es corta (sólo 60 días) se puede cultivar en casi cualquier lugar. Asegúrese de mantener a raya las malas hierbas. La espinaca esta lista para la cosecha en alrededor de 40 a 50 días después de la siembra.

3.1.14. Plagas y Enfermedades

a. Plagas

Entre las principales plagas de la espinaca en Bolivia se tiene a la pulga saltona, *Epitrix cucumeris*, a las diabroticas, *Diabrotica* sp y al pulgón del tallo y las hojas, *Brevicorine brassicae* y los minadores de la hoja (Unterladstatter, 2000).

La mosca de la remolacha (*Pegomeja betae* curtís), produce galerías entre las dos epidermis de la hoja.

Pulgones, producen abarquillamiento, amarillamiento, etc. Gusanos grises; lepidópteros del género *Agrotis*, suelen atacar en otoño y primavera, devorando el cuello de la raíz de las plantas y provocando su marchitamiento. Caracoles y babosas (Borrego, 1995).

b. Enfermedades

Mildiu de la espinaca (*Peronospora spinaciae* Laub), provoca la aparición de manchas amarillentas en el haz y un afebrado grisáceo en el envés. Cercosporosis (*Ceriospora beticola* Sacc.), provoca la aparición en las hojas de manchas redondeadas, rodeadas de un halo rojizo. *Botrytis cinerea* Pers, provoca una podredumbre algodonosa en hojas. *Phytium de Baryanum* Hesse, produce el colapsa miento de la roseta de hojas y la raíz principal se necrosa casi en su totalidad (Borrego, 1995).

c. Control de Plagas

Existen varias formas de controlar las plagas, sin embargo las mas utilizadas son, de forma natural que a través del uso de jabón de azufre, ajo cebolla, etc. y la otra a través de productos químicos como los plaguicidas.

3.4 Resumen histórico de la Hidroponía

El cultivo de las plantas en agua, sin tierra no es un descubrimiento reciente, hace casi 300 años Wondward (en 1699) consiguió cultivar hierbabuena en agua y empezando la hidroponía con los profesores Sachs Knop (1860) de la universidad de Wurtzburg Alemania, quienes a partir del conocimiento científico desarrollado por De

Saussure y Boussingault, logran por primera vez cultivar plantas en una solución nutritiva compuesta únicamente por minerales de naturaleza inorgánica desarrollándose así la nutri cultura.

Las investigaciones hechas por Gericke mostraron su utilidad por la necesidad de abastecimiento de alimentos durante la segunda guerra mundial, mientras los soldados norte americanos se batían en distintos frentes donde las condiciones climáticas eran extremas y no era posible abastecerlos de hortalizas y frutas frescas esta circunstancia determino que se empezara a instalar extensiones relativamente grandes de cultivos hidropónicos en diferentes sitios.

Los rendimientos en hidroponía son muy elevados, superando fácilmente un rendimiento de cuatro veces mas que en los cultivos tradicionales, Gericke reporta trabajos realizados en universidades de California en cultivos hidropónicos al aire libre, donde obtuvo rendimientos entre 500 y 700 tm/ha y en cultivos normal bajo riego en las menores condiciones posibles obtiene 50 tm/ha constituyendo un record en la productividad de hortalizas.

En los Estados Unidos esta ampliamente difundido los cultivos hidropónicos a nivel de cultivo familiar, pudiendo conseguir en los mercados módulos de 12 m² que puede instalarse en patios o azoteas de casa y en los cuales pueden cultivarse durante todo el año en forma escalonada mas de 10 hortalizas diferentes en cantidades suficientes para abastecer de verduras frescas durante todo el año a una familia de 5 personas.

Los cultivos hidropónicos no son ya, una exclusividad de los países desarrollados. En América Latina ya hace casi 12 años que la técnica de plantas en medios inertes alimentadas por soluciones es practicada, técnicas de manejo a nivel popular. Esta técnica han apropiado a menor escala los países de Colombia, Chile y Perú los cuales implementan el sistema llamado cultivos hidropónicos a nivel popular.

3.2.7 Hidroponía

El término hidroponía tiene su origen en las palabras griegas “hidro” que significa agua y “ponos” que significa trabajo. También la hidroponía es el arte de cultivar plantas sin usar suelo agrícola. (Izquierdo, 2000).

Howard (1997), define a la hidroponía como la ciencia del crecimiento de las plantas, sin utilizar el suelo en su lugar utiliza un medio inerte, como grava, arena, turba, piedra pómez o aserrín, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se los denomina a menudo “cultivos sin suelo”, mientras que el cultivo de plantas con solo la utilización de agua y la solución nutritiva es el verdadero concepto de cultivos hidropónicos, puesto que hidroponía es el trabajo del agua.

Rodríguez, et al. (2000), indica que la hidroponía, son técnicas para producir hortalizas y flores sin el uso del suelo, logrando así ventajas como el de obtener hortalizas y flores de alta calidad, libre de enfermedades, mayores cosechas durante todo el periodo del año y sobre todo el de realizar el mejor uso y aprovechamiento del agua. El mismo autor señala también que, la producción bajo la técnica de la hidroponía no requiere de espacios grandes por lo cual, cualquier lugar puede ser aprovechado para cultivar plantas.

3.2.8 Cultivos Hidropónicos

James (1990), define los cultivos hidropónicos, como aquellas plantas que crecen sin usar tierra, nutrirse por soluciones del agua y sales minerales, en lugar de utilizar los métodos tradicionales de cultivo, aunque siguen siendo preferidos por la mayoría de los agricultores, al mismo tiempo señala que, estos cultivos hidropónicos son más fáciles y mucho más placenteros que el habitual cultivo en tierra.

a) Penningsfeld (1983), menciona que los cultivos hidropónicos representan un gran avance en la técnica, pueden ser utilizados tanto en grandes explotaciones como en pequeñas y medianas, representando bastantes ventajas sobre los cultivos clásicos en tierra. Para su desarrollo se han basado en los adelantos, tanto de las

modernas ciencias naturales como de la técnica, constituyendo el complemento de otros avances de la ciencia tales como la regulación de la temperatura en los invernaderos, la iluminación o sombreado y las formas de cultivo sin suelo.

Con la ayuda de este método no solo se mejora la cosecha en cantidad, peso o calidad, sino que de forma importante se ha comprobado también que aumenta la productividad en el trabajo, con la consiguiente reducción de la mano de obra.

Son mucho menores las exigencias de trabajo para los horticultores, una vez que el sistema ha sido llevado a cabo; puesto que muchas de las manipulaciones pueden automatizarse.

Según Michelena (2004) y Huterwal (1956), los cultivos hidropónicos se denominan de esta forma por que los nutrientes requeridos por las plantas se administran a través de un medio líquido (solución sintética de agua con sales minerales). El trasplante de los plantines debe hacerse en sustrato sólido y en sustrato líquido (agua); en ambos casos se cultivan plantines obtenidos a partir de semilleros; también se realizan siembras directas en sustrato sólido.

Izquierdo (2000), afirma que los cultivos hidropónicos son cultivos sin suelo, éste es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son aplicados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutriente. En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como por ejemplo, hortalizas, flores, pastos para forraje, plantas ornamentales, condimentos, plantas medicinales y hasta cactus.

3.2.9 Ventajas de los cultivos hidropónicos

Son cultivos sanos pues se riegan con agua potable y se siembran en sustratos limpios y libres de contaminación. Existe mayor eficiencia en el uso del agua, son apropiados para ocupar los espacios pequeños como techos, paredes, terrazas; se obtienen mayor cantidad de plantas por superficie. (Izquierdo, 2000).

3.2.10 Contenedores

Hoyos (1995), menciona que los recipientes a utilizarse en un sistema hidropónico pueden ser botellas plásticas, cajones de madera, eternit, vidrio, cartoplast, plásticos tubulares, bolsas y recipientes que uno se los pueda imaginar. Los recipientes de madera, asbesto y cemento, deben ir forrados con plástico, de no hacer los nutrientes no pueden ser tomados por la planta. Siendo una de las características del recipiente empleado no sea demasiado hondo, empleándose entre 10 y 30 cm. de profundidad con un declive del 1 al 3,5 %.

Es un recipiente de madera o embalaje metálico, usado para transportar mercancías, este contenedor se utiliza para cultivar diferentes especies de hortalizas. En hidroponía se trabaja con los contenedores, por que son sistemas cerrados donde se controla mejor la alimentación de la planta por medio del riego. (Izquierdo, 200).

a. Tipos

b) Varios tipos de recipientes se pueden usar o construir para cultivar hortalizas y plantas medicinales en el sistema hidropónico simplificado. Todo depende del espacio disponible en la carpa, de la capacidad económica y de las necesidades y aspiraciones de progreso y desarrollo de la familia. Se pueden utilizar cajas, cajones de madera, llantas viejas, envases de plástico, bidones, botellas de plástico, bolsas plásticas de color negro o recipientes que uno se los pueda imaginar.(Marulanda, 2003)

b. Dimensiones

Las dimensiones de los contenedores contruidos con madera (desechos de construcción o tarimas) o con varas de guadua pueden ser: largo 102 cm., ancho 57 cm., profundidad 10 cm. y altura de las patas 60 cm. (Marulanda, 2003)

c) Se pueden hacer contenedores con medidas superiores a éstas, pero ocasionan mayores costos en materiales (nutrientes, madera, plástico, substrato) y mayores dificultades y riesgos de desarmarse en el manejo. Los contenedores deben ubicarse a una altura mínima de 30 cm. del suelo. (Marulanda, 2003)

c. Forrado de las cajas de madera

d) Después de construidas las cajas, se pueden forrar por dentro con plástico negro para aumentar su duración y para retener los sustratos y líquidos en su interior. El plástico debe ser de calibre 5 a 6 micras, no debe tener ninguna perforación para evitar que alguna parte de la madera se humedezca y se pudra, antes de terminar la vida útil de la caja, que se estima como mínimo de 10 cosechas. (Marulanda, 2003)

3.2.11 Sustratos

Los cultivos hidropónicos o cultivos sin tierra, usan materiales que sustituyen a la tierra llamados sustratos: “Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte”, (Sánchez, 2002).

El objetivo del sustrato es servir de soporte a la planta, ofrece apoyo mecánico a las raíces para que las plantas puedan crecer libremente, retiene agua y nutrientes para suministrarle en la medida que lo requiera la planta y finalmente, ofrece canales gaseosos que permite la oxigenación adecuada de la raíz.

FAO (2005), indica que los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicado, además el material no debe ser portador de ninguna forma viva de macro y microorganismos.

Según Marulanda (2003), en el lenguaje hidropónico, los sustratos son materiales sobre los que se desarrollan las raíces de las plantas; estos pueden ser sólidos o líquidos.

3.2.5.4 Características que deben tener los sustratos

e) Marulanda (2003), menciona que:

- Las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0.2 milímetros (la punta de un lápiz) y no superior a 7 milímetros (la mitad de una uña del dedo meñique).

- Que retenga una buena cantidad de humedad debajo de la superficie, pero que además faciliten la salida de los excesos de agua que pudieran caer con el riego o con la lluvia.
- Además de tener capacidad de retención interna, los buenos sustratos deben secarse con rapidez en su área superficial (1 cm. de profundidad), pues esto disminuye las condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades.
- Que no descompongan o que si lo hacen, lo hagan lentamente como ocurre con la cascarilla de arroz.
- Preferiblemente que tengan colores oscuros.
- Son mejores si no contienen elementos nutritivos.
- Que no contengan microorganismos perjudiciales a la salud de los seres humanos o de las plantas.
- Que no estén contaminados por desechos industriales o humanos
- Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar en las áreas donde se establecerá el cultivo.
- Que tengan bajo costo y se puedan manejar con facilidad y sin peligro para quienes los manipulan.

f) Los materiales que han sido probados y que cumplen la mayoría de estos requisitos son los siguientes:

a. De naturaleza orgánica

➤ **Cascarilla de arroz**

g) Antes de sembrar o trasplantar sobre ella, es necesario lavarla o dejarla fermentando bien humedecida durante 8 – 20 días según el clima de la región (menos días para los climas mas calientes). Con esto se eliminan semillas de arroz y de malezas que podrían germinar cuando ya se haya establecido el cultivo. Además, con el lavado se elimina almidón procedente de los granos de arroz, que al fermentarse puede afectar la asimilación de los nutrientes o quemar las raíces del cultivo.

➤ **Aserrín de maderas que no sean rojas ni de pino**

h) El aserrín debe ser apenas una pequeña parte (entre el 15 y el 20 %) del total de sustrato que se coloca una cama de cultivo; cantidades mayores pueden perjudicar el crecimiento y la producción de algunas plantas. Conviene lavarlos con agua caliente antes de mezclarlos.

b. De naturaleza inorgánica

- Lava volcánica (roja o negro)
- Piedra pómez
- Arena de río o de quebrada de agua limpia
- Escoria de carbón mineral en otras zonas
- Ladrillo molido

i) Estos sustratos podrían utilizarse solos y para algunas hortalizas, desde los puntos de vista químico y biológico resulta conveniente no mezclarlos, pero debe evaluarse la posibilidad de riegos que se tienen, pues necesitan mayor frecuencia debido a su escasa capacidad de retención de humedad. Si no se pueden contar con sistemas de riego eficientes y económicos, la alternativa mas viable es mezclarlos con alguno de los componentes orgánico, de los cuales el mejor es la cascarilla de arroz.

j) Los sustratos inorgánico deben ser lavados hasta que suelten agua clara antes de utilizarlos, porque pueden contener limos, arcillas u otras sustancias que puedan afectar la asimilación de los elementos nutritivos que se aplican con la solución.

➤ **Ladrillo molido**

k) Como sustrato es apropiado solamente cuando esta libre de mortero y pobre en cal; así, pues los restos de obra constructiva no pueden ser aprovechados para este fin.

l) Lo que se recomienda es obtener de las fabricas de ladrillo aquellos no vendibles y, moliéndolos, alcanzar el tamaño deseado, debiendo de cernir, o mejor lavar, el polvo de ladrillo que se produzca.

m) Las propiedades físicas de los ladrillos son muy buenas en general; la porosidad, en gránulos de 2 _ 15 milímetros, es del 60%, dado su sistema de fabricación, esta libre de plagas o enfermedades con toda seguridad.

n) También el ladrillo molido puede fijar o ceder un elevado número de elementos nutritivos; al comienzo de su utilización especialmente, fija el ácido fosfórico. Debe, pues someterse al mismo tratamiento que la grava de piedra pómez antes de utilizarse.

3.2.5.5 Propiedades de los sustratos

➤ PROPIEDADES FÍSICAS

a. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85%, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto no sufre intercambio de fluidos con el y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo; el grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato.

b. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos mas el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

c. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares.

d. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varia su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

➤ PROPIEDADES QUIMICAS

a. Químicas

Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- Efectos fito tóxicos por liberación de iones y ciertos iones metálicos.
- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación de fósforo y algunos micro elementos.

b. Físico-químicas

Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico. Estas reacciones provocan modificación en el pH y en la composición de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

c. Bioquímicas

Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

➤ PROPIEDADES BIOLÓGICAS

a. Velocidad de descomposición

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar

deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fito tóxicas y contracción del sustrato.

b. Efecto de los productos de descomposición

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa.

c. Actividad reguladora del crecimiento

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo

3.2.5.6 Mezcla de sustratos

o) Los materiales mencionados se pueden utilizar solos, pero es recomendable utilizar mezclas de algunos de ellos en diferentes proporciones.

p) Según Marulanda (2003), las mezclas más recomendadas de acuerdo con los ensayos hechos en varios lugares del eje cafetero colombiano y América Latina con más de 20 especies de hortalizas son:

- 50 % de cáscara de arroz con 50 % de piedra pómez (espuma de lava volcánica).
- 50 % de cáscara de arroz, 30 % de lava volcánica y 20 % de aserrín.
- 60 % de cáscara de arroz, con 40 % de arena de río.
- 60 % de cáscara de arroz con 40 % de lava volcánica.
- 50 % de cáscara de arroz, 40 % de lava volcánica y 10 % de aserrín de madera (blanca o amarilla. No se debe utilizar los aserrines de maderas rojas ni de pino).
- 40 % de cáscara de arroz, con 40 % de arena de río y 20 % de aserrín de madera
- 80 % de ladrillo molido, con 20 % de aserrín de madera.

3.2.12 Solución nutritiva

Izquierdo (2000) y Marulanda (2003) definen a la solución nutritiva como el producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse como:

- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Azufre
- Calcio
- Magnesio
- Hierro
- Manganeseo
- Cobre
- Molibdeno
- Zinc

Estos elementos vienen en forma de sales minerales.

El nutriente hidropónico contiene y aporta en forma balanceada todos los elementos que una planta necesita para crecer sana, vigorosa y dar buenos frutos o cosechas.

Izquierdo (2000) y Marulanda (2003), afirman que existen varias fórmulas para preparar nutrientes y que han sido usadas en varios países. Una forma de preparar la solución nutritiva que ha sido probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe para producir una gran variedad de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales está compuesta de dos soluciones concentradas, las que llamamos: Solución concentrada A (nutriente mayor) y solución concentrada B (nutriente menor).

La solución concentrada A aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayor proporción o cantidad. La solución concentrada B aporta, en cambio, los elementos nutritivos que son requeridos en menor cantidad o proporción, pero que son esenciales para que las plantas logren desarrollar en forma normal los

procesos fisiológicos que la harán crecer bien y producir hermosos frutos y abundantes cosechas.

La tabla 5 muestra las cantidades de elementos necesarios para la preparación de la Solución A: Nutriente Mayor.

Solución nutritiva A, concentrada para 10 litros

Tabla 5

Sal Requerida	Cantidad	Unidad
Fosfato Mono Amónico Cristalino (12-61-0)	360	[g]
Nitrato de Calcio	2080	[g]
Nitrato de Potasio	1100	[g]

Fuente: Marulanda (2003)

Por otra parte la tabla 6 indica las cantidades de elementos que se necesita para la preparación de la Solución B: Nutriente Menor

Solución nutritiva B, concentrada para 4 litros

Tabla 6

Sal Requerida	Cantidad	Valor
Sulfato de Magnesio	942.00	[g]
Sulfato de Manganeso	2.00	[g]
Sulfato de Cobre	0.48	[g]
Sulfato de Zinc	1.20	[g]
Ácido Bórico	7.80	[g]
Molibdato de Amonio	0.002	[g]
Kelato de Hierro	16.92	[g]

q) Fuente: Marulanda

3.5 Sistemas atemperados

Los sistemas atemperados son ambientes propicios para el cultivo de las hortalizas, por su mayor tamaño, además que aprovecha la energía solar positiva, recibir luz, temperatura, evapotranspiración que beneficia al desarrollo de los cultivos. La construcción por lo general es sencilla, se utilizan adobes para los muros, madera o callapos para el armazón del techo y agrofilm para la cubierta. (Hartmann, 1990)

3.3.7. Tipos de ambientes protegidos

La tecnología de protección de cultivos implementada en nuestro país, se ha basado en la implementación de diferentes modelos de invernaderos y carpas solares a las condiciones climáticas y socio-económicas locales. De este proceso de adaptación han derivado diversos tipos de carapa solar que se repiten con mayor y menor frecuencia y son las siguientes: tipo túnel, medio túnel, media caída, doble caída, walipini y de camas protegidas. Cada tipo cuenta con características propias. (Blanco et al.1999)

3.3.8. Importancia del ambiente protegido

Existen distintos tipos de construcciones como invernaderos, ambientes protegidos, carpas solares, con el fin de proteger las cosechas, conseguir un adelanto o retraso de su ciclo, controlar riego humedad y radiación. Los ambientes protegidos son importantes por que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar estos ambientes, siendo los más comunes en la región andina de Bolivia. (Valdez, 1997).

Los ambientes protegidos son construcciones importantes que permite la producción de cultivos y tiene como fin:

Producir en zonas en que se producen normalmente al aire libre pero en épocas distintas de la habitual, con el fin de presentar productos **“fuera de temporada”** (Bernat et al. 1987).

3.3.9. Orientación

Hartman (1990), comenta que la lámina de protección o techo de un ambiente atemperado, en el hemisferio sur debe orientarse hacia el norte, con el objeto de

captar la mayor cantidad de radiación solar, de esta manera, el eje longitudinal está orientado de este a oeste.

Guzmán (1993), también indica que en el hemisferio sur la superficie transparente de la carpa debe estar orientado hacia el norte.

3.3.10. Carpas Solares

Hartman (1990), señala que la carpa solar es la construcción mas sofisticada de los ambientes atemperados, por lo tanto su tamaño es mayor y permite la producción de cultivos más delicados.

Según Kohl (1990), los sistemas de cultivos atemperados surgen en el país como respuesta a la frustración de no poder encarar problemas estructurales en el Altiplano; sin embargo aunque los ambientes atemperados no pueden solucionar problemas de fondo, si pueden tener un rol como componente de desarrollo.

Vigliola (1992), sostiene que el uso de invernáculos tiene como objetivo obtener una mejor producción cualitativa y cuantitativa, anticipándose o atrasándose a la producción normal.

3.3.11. Tipos de carpas solares

Hartman (1990), indica que en el Altiplano Boliviano se han desarrollado diferentes tipos de carpas solares; las más comunes son “túnel”, “medio túnel”, y “media agua” el que mejor resultado dio es el tipo “media agua”, la construcción es por lo general sencilla se utiliza adobes para los muros, madera o fierro de construcción para el armazón del techo y agrofilm o calamina plástica para la cubierta.

3.3.12. Variables micro climáticas en carpa solar

Los ambientes protegidos tienen la finalidad de controlar los factores físicos, como temperatura, humedad, luminosidad y ventilación los cuales nos proporcionan condiciones adecuadas par el desarrollo de las plantas cultivadas en su interior. Los parámetros físicos no son independientes entre sí, tienen una relación directa, ya que cuando cambia el comportamiento de uno, este hace que cambien también las condiciones de los otros (Hartman, 1990).

3.3.6.6 Temperatura

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales como la transpiración, respiración, fructificación; las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales es de 0 a 70°C fuera de estos límites casi todos mueren o quedan en estado de vida latente. (Serrano, 1979)

La temperatura tiene mucha importancia en el desarrollo de las plantas, afecta a la intensidad y velocidad de los procesos fisiológicos, actúa en forma directa sobre la humedad y la evaporación incidiendo en la morfología vegetal. (Flores, 1999).

La temperatura de un ambiente protegido depende en gran manera parte del efecto invernadero. Este se crea por la radiación solar que llega a la construcción y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica. La radiación calorífica atrapada es la que calienta la atmósfera interior del ambiente protegido (Hartman, 1990).

3.3.6.7 Humedad Relativa

La mayoría de las plantas desarrollan en un medio ambiente de una humedad relativa del aire que oscila entre los 30 y 70%. Una baja humedad relativa en las plantas, estas se marchitan y por un exceso invita a la proliferación de plagas y enfermedades. Por otra parte, un ambiente seco dentro de las carpas solares, influye en la duración del agrofilm lo cual llega a deteriorarse rápidamente. (Flores, 1999)

Las plantas se desarrollan bien donde la humedad relativa fluctúa entre 30 a 70% por debajo del 30% las hojas y tallos se marchitan, por encima del 70% la incidencia de enfermedades es un problema, (Serrano, 1979 citado por Estrada, 2003)

3.3.6.8 Luminosidad

Un ambiente atemperado debe captar la máxima radiación solar posible y procurar que esta llegue al terreno del cultivo y a los colectores de calor (Hartman, 1990)

La luminosidad es considerada uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de fotosíntesis de la clorofila en las plantas, el crecimiento, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas. El anhídrido carbónico (CO₂) junto a la luz mas la temperatura

ayudan a la fotosíntesis, para obtener mayores resultados cuantitativos, precocidad y buena calidad. (Flores, 1999)

3.3.6.9 Ventilación

Una mala ventilación trae consigo problemas de asfixia miento, debilitamiento de las plantas y como también la proliferación de plagas y enfermedades (Flores, 1996)

La mayor parte de los ambientes protegidos requieren de un eficiente sistema de ventilación por tres razones: a) para abastecimiento de CO₂, utilizado por las plantas para la fotosíntesis, b) para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente; c) para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas. (Guzmán, 1993)

3.3.6.10 Materiales de Recubrimiento

Según Hartman (1990), desde el punto de vista técnico la transparencia de los materiales de recubrimiento debe ser una de las características mas importantes a considerarse, al elegir el techado ya que de ella dependen las condiciones para el desarrollo de las especies cultivadas, entre los mismos tenemos vidrio, calamina plástica y polietileno (agrofilm), este último resulta la cubierta mas económica y de mayor difusión por lo tanto se menciona algunas de sus principales características.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.6 Características generales

4.1.3. Localización

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de El Alto, provincia Murillo del departamento de La Paz en la zona de Villa Bolívar “D” del distrito 2, con el apoyo del Proyecto Micro Huertas Populares en El Alto (GCP/BOL/035/BEL), dependiente del Gobierno Municipal de esa ciudad (GMEA).

4.1.4. Ubicación Geográfica

La ciudad de El Alto se encuentra ubicada en entre las coordenadas geográficas $68^{\circ} 10'$ de longitud Oeste y $16^{\circ} 30'$ de latitud Sur (Cardona 1992), a una altura de 4000 m.s.n.m. Al noroeste limita con la provincia Los Andes, al este con la ciudad de La Paz, al sur con la provincia Ingavi y al sur este con el municipio de Achocalla (INE, 2002).

Fig. 2 Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia (2001)

4.7 Características Ecológicas

4.2.3. Clima

La ciudad de El Alto presenta un clima seco y frío, con una temperatura promedio de 10° C y una precipitación media anual de 613 Mm. (INE, 2002).

4.2.4. Características del ambiente protegido

El experimento se realizó en la carpa solar de la Unidad Educativa “Simón Bolívar”; el modelo de carpa es de doble agua o dos caídas (*Fig. 3*) con una superficie total de 100 m², de 20 m de largo y 5 m de ancho, cuya estructura es de piedras, cemento, adobes, callapos de eucaliptos. El ambiente protegido tiene una pared alta de 2.80 m y las paredes bajas de sus laterales son de 1.50 m de alto, la superficie útil es de 60 m².



Fig. 3 Modelo de la carpa

4.8 Materiales

4.3.1 Material Vegetal

El material vegetal que se utilizó para el presente estudio corresponde a dos variedades de espinaca (*Spinacea oleraceae* L), viroflay y Skookum especie híbrida de amplia difusión y consumo.(ver fig 4)



Fig. 4 Variedades de espinaca

4.3.1 Material inorgánico

El presente trabajo de investigación se utilizó para el sustrato sólido (ladrillo, cascarilla de arroz y aserrín) y se realizaron tres mezclas, nutriendo las mismas fórmula (Marulanda, 2003):

➤ La solución A (nutriente Mayor)

Que contiene los macro elementos (NPK), Fosfato Mono Amónico cristalino, Nitrato de Calcio y Nitrato de Potasio. (ver fig. 5)



Fig. 5 Solución nutritiva

➤ La Solución B (Nutriente Menor)

A base de micro elementos (Mg, Mn, Cu, Zn, B, Nh_4 , Fe), Sulfato de Magnesio, Sulfato de Manganeso, Sulfato de Cobre, Sulfato de Zinc, Ácido Bórico, Molibdato de Amonio y Kelato de Hierro, en diferentes proporciones.

4.9 Metodología

4.4.5. Diseño Experimental

El trabajo de investigación utilizó el diseño: Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial de 3 x 2 con 6 tratamientos y 3 bloques. (Calzada, 1982), donde el primer factor son los tipos de sustrato y el segundo factor variedades de espinaca.

4.4.1.2 Modelo Lineal Aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	Una observación cualquiera
μ	=	Media poblacional
β_k	=	Efecto del k-ésimo bloque
α_i	=	Efecto del i-ésimo diferentes sustratos
γ_j	=	Efecto del -ésimo variedades de espinaca
$(\alpha\gamma)_{ij}$	=	Interacción A x B
ε_{ijk}	=	Error experimental.

4.4.6. Factores de estudio

La tabla 7 observa los factores de estudio utilizados.

Tabla 7. Factores de estudio: Tipos de sustratos y variedades de espinaca

Factores	Niveles
Factor A: (Sustratos hidropónicos)	v1 = Ladrillo molido 80 % - aserrín 20%
	v2 = Cascarilla de arroz 60 % - ladrillo molido 40%
	v3 = Ladrillo molido 40% - cascarilla arroz 40% - aserrín 20%
Factor B: (variedades de espinaca)	v1 = Viroflay
	v2 = Skookum

Fuente: Elaboración propia

4.4.7. Tratamientos

Los tratamientos fueron distribuidos en unidades experimentales (UE) dispuestas en bloques. Los tratamientos resultaron de la combinación de los factores de estudio, es decir, tipos de sustratos por variedades de espinaca, como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Tratamientos de estudio: Tipos de sustratos y variedades de espinaca

Tratamientos	Combinación de factores: A * B	Descripción de niveles del factor A y B
T ₁	a ₁ b ₁	Ladrillo molido 80% - 20% Aserrín x Viroflay
T ₂	a ₁ b ₂	Ladrillo molido 80% - 20% Aserrín x Skookum
T ₃	a ₂ b ₁	Cascarilla arroz 60 % - Ladrillo molido 40% x Viroflay
T ₄	a ₂ b ₂	Cascarilla arroz 60 % - Ladrillo molido 40% x Skookum
T ₅	a ₃ b ₁	Ladrillo molido 40% - Cascarilla arroz 40% - Aserrín 20% x Viroflay
T ₆	a ₃ b ₂	Ladrillo molido 40% - Cascarilla arroz 40% - Aserrín 20% x Skookum

Fuente: Elaboración propia

4.4.8. Procedimiento Experimental

4.4.4.15 Construcción y forrado de contenedores de sustrato

Se construyeron 18 contenedores de madera (ver fig. 6), con dimensiones de 1,02 m. de largo, 1,02 m de ancho y 0,10 m de profundidad, y elevadas a una altura de 0,56 m. Posteriormente fueron forrados con plástico negro de 140 micrones; para retener los sustratos.



Fig. 6 Construcción y forrado de contenedores

4.4.4.16 Drenaje

Para dicho propósito se realizó un orificio de ¼ de pulgada en el centro y a 2 cm. de altura de la base interior del contenedor, donde se introdujo una manguera de 2 cm. de diámetro que debe penetrar de la misma forma 2 cm. dentro del contenedor, con el objetivo de eliminar el exceso de agua y los residuos de las sales nutritivas. (ver

fig.7) Se colocó un drenaje para el escurrimiento del exceso de agua y para eliminar los residuos de las sales nutritivas.



Fig. 7 Colocado de drenaje al contenedor

4.4.4.17 Ubicación de los contenedores

r) Luego del forrado se procedió a la ubicación de los contenedores según croquis y diseño experimental dentro la carpa solar.

4.4.4.18 Preparación de Sustratos

El preparado del sustrato se realizó de la siguiente manera:

- El ladrillo fue molido a un tamaño aproximado de 2 a 7 milímetros, se lavo posteriormente se hizo remojar el aserrín y la cascarilla de arroz se tostó.
- La primera mezcla se realizó con una relación (8:2) que consiste en 80 % de ladrillo molido con 20 % de aserrín esta mezcla se colocó en 6 contenedores.
- La segunda mezcla con una relación (6:4), 60% de cascarilla de arroz tostada con 40% de ladrillo molido esta mezcla se colocó en 6 contenedores.
- La tercera mezcla tuvo una relación de (4:4:2), 40% de ladrillo, 40 % cascarilla de arroz y 20 % de aserrín se colocó en 6 contenedores.



80 % de ladrillo molido - 20 % de aserrín



60% de cascarilla de arroz - 40% de ladrillo molido



40% de ladrillo - 40 % cascarilla de arroz - 20 % de aserrín

Fig. 8 Mezcla de sustratos

4.4.4.19 Siembra en almaciguera

La siembra se realizó en 4 almacigueras, cada almaciguera constó de 7 surcos con una distancia de 7 cm., la semilla se puso a una profundidad de 1 cm. Se colocaron las semillas a una distancia de $\frac{1}{2}$ cm. entre semillas, después se las tapó cuidadosamente y se cubrió con paja, esto para que las gotas de agua no caigan bruscamente y mantener la humedad, el riego se efectuó con una regadera fina, se procedió a regar los 3 primeros días para favorecer la germinación, posteriormente se redujo la frecuencia de riego.

4.4.4.20 Trasplante

El trasplante en los contenedores se realizó teniendo cuidado de elegir plantines vigorosos del mismo tamaño, para uniformizar el ensayo.

Se utilizó un trasplantador para la apertura de hoyos, a una distancia de 20cm entre surcos y 20 cm. entre plantas, en horas de la tarde se procedió al trasplante cuidando de que la raíz no se doble, luego se presionó el sustrato hacia el cuello del plantin, se regó con abundante agua los primeros días. (ver fig. 9)

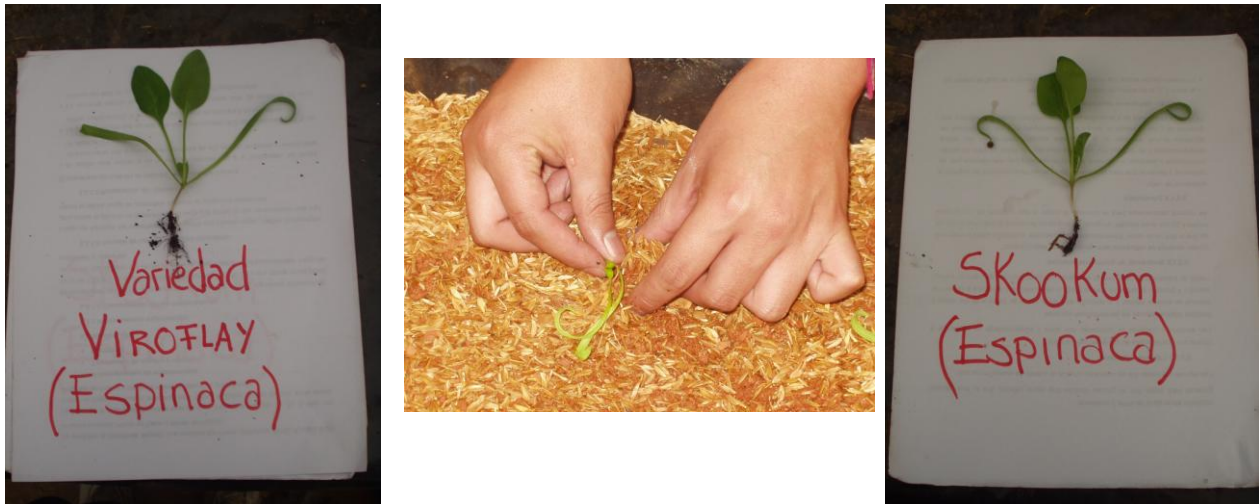


Fig. 9 Trasplante de las dos variedades de espinaca

4.4.4.21 Equipos y materiales para la preparación de la solución nutritiva

Los equipos y materiales utilizados fueron: bidones y baldes plásticos, con capacidad de 20 litros cada uno asimismo se utilizaron jarras plásticas aforadas y graduadas, un agitador de PVC, cucharas plásticas de mango largo, papel para el pesaje de los elementos, recipientes plásticos y balanza de precisión con capacidad de 1 Kg.

4.4.4.22 Preparación de nutrientes

a) Solución A: Nutriente Mayor.

Para preparar 20 litros de solución concentrada, se utilizó las siguientes sales: Fosfato Mono Amónico cristalino (12-61-0) 720 g; Nitrato de Calcio (15.5% N - 26.5% CaO) 4160 g y Nitrato de Potasio (13.5-0-46) 2200 g.

Pesadas las sales requeridas se marca un balde plástico de 20 litros en este balde se colocó 15 litros de agua, se adicionó 720 g de Fosfato Mono Amónico cristalino, agitando hasta la disolución completa (5 a 10 min.), a esta solución se agregó Nitrato de Calcio 4160 g y se agitó nuevamente durante 10 min., luego se agregó Nitrato de Potasio 2200 g y se disolvió durante 15 min. posteriormente se dejó sedimentar la solución, se tomó el líquido y se descartó lo sólido; finalmente se completo con agua la solución líquida hasta completar a 20 litros.

b) Solución B: Nutriente Menor.

Para preparar 8 litros de solución concentrada se requiere las siguientes sales: Sulfato de Magnesio (16 % MgO - 13% S) 1884 g; Sulfato de Manganeso 4 g; Sulfato de Cobre 0.96 g; Sulfato de Zinc 2.40 g; Acido Bórico 15.6 g; Molibdato de Amonio 0.004 g y Quelato de Hierro 33.84 g.

Se pesaron las sales requeridas, se marcó un balde plástico de 20 litros, se agregó 5 litros de agua para diluir las sales indicadas en el orden mencionado, disolviendo durante 5 min., se debe tomar precauciones en el manipuleo de Molibdato de Amonio al final; luego se completó con agua hasta la marca de 8 litros.

4.4.4.23 Prácticas Culturales

s) Escarda

Se efectuó esta labor dos veces por semana, después del riego para que con el paso del tiempo no se vayan formando sobre la superficie costras que impida la penetración del aire en sus espacios porosos.(ver fig. 10)



Fig. 10 Escarda al cultivo de espinaca

t) Refalle

Esta práctica se hizo, con el objetivo de reponer aquellos plantines que no llegaron a prender.

u) Riego y dosificación

El riego se realizó a diario con la solución nutritiva (6 días a la semana) y solo un día se aplicó agua. Luego del trasplante se aplicaron las siguientes dosis: la solución concentrada A de 2.5 cm³, y la solución concentrada B de 1 cm³ en un litro de agua

por medio metro cuadrado. Esta actividad se realizó por las mañanas. (ver fig. 11 A-B)

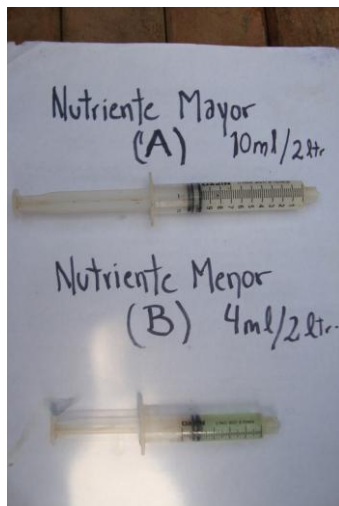


Fig. 11-A Cantidad de nutrientes para 2 litros de agua



Fig. 11-B Riego y dosificación al cultivo de espinaca

v) Prevención fitosanitaria

Se realizaron revisiones periódicas cada 10 días, hoja por hoja para evitar la presencia de plagas.(ver fig. 12)



Fig. 12 Revisión de hoja por hoja al cultivo de espinaca

4.4.4.24 Toma de datos

Para la toma de datos se tomaron 9 muestras al azar de cada contenedor o tratamiento, los cuales fueron evaluados cada semana, en sus distintas fases fisiológicas del cultivo, llevando un registro de ello.(ver fig. 13)



Fig. 13 Toma de datos

4.4.4.25 Cosecha

La cosecha se realizó por tratamiento y de acuerdo a la madurez fisiológica. Se realizó manualmente en forma escalonada, quitando las hojas cuidadosamente desde la base, luego se peso con una balanza y se registro. Posteriormente se lavo y se seleccionó las mejores hojas.(ver fig. 14)



Fig. 14 Cosecha del cultivo

4.4.4.26 Registro de Temperatura y Humedad

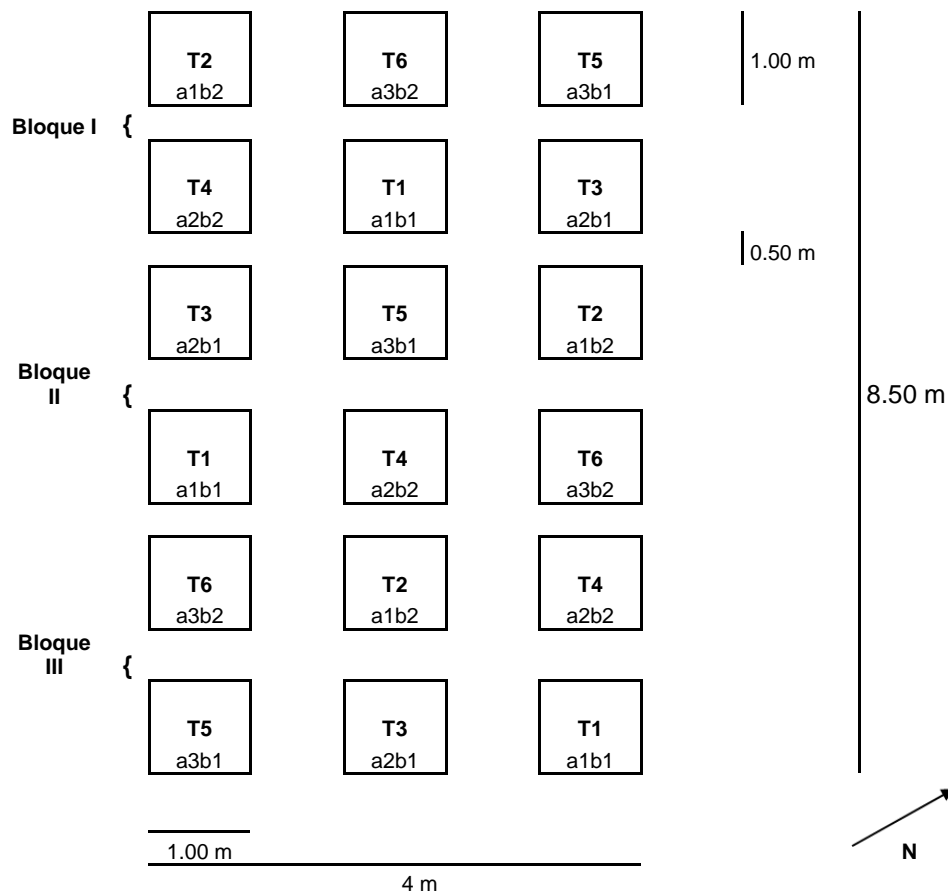
Para el registro diario de temperaturas mínimas, máximas y la humedad relativa en el ambiente protegido, se utilizó un termómetro, higrómetro realizando lecturas en dos horarios a las 7:00 a.m. y a las 14:00 p.m., analizando los datos con los promedios semanales y mensuales, para conocer la influencia de estos parámetros en el desarrollo del cultivo.

4.4.4.27 Análisis Estadístico

Para determinar las diferencias estadísticas entre los niveles de los factores y tratamientos en estudio se utilizó los análisis de varianza (ANVA), ver capítulo V resultados y discusiones.

4.4.4.28 Croquis del experimento

Escala: 1: 25 Superficie total 34 m²



4.10 Variables de Respuesta

La variable de respuesta que se tomo en el experimento es la siguiente:

4.5.1 Variables agronómicas

a) Altura de la planta (cm.)

Para determinar la altura de la planta se utilizó una regla graduada en centímetros y se procedió a medir desde la base del sustrato hasta el ápice de la hoja.

b) Número de hojas

Para determinar el número de hojas se contó en cada cosecha, de acuerdo a las muestras correspondientes, las plantas con hojas más desarrolladas.

c) Longitud de la hoja (cm.)

Para conocer el largo de la hoja se utilizó una regla graduada en centímetros y se procedió a la medición de la parte más larga de la hoja.

d) Ancho de la hoja (cm.)

Para determinar el ancho de la hoja se usó una regla graduada en centímetros y se procedió a la medición de la parte más ancha de la hoja.

e) Rendimiento por unidad de superficie a la cosecha (Kg.)

Para determinar el rendimiento se pesaron las muestras de cada tratamiento. Las unidades que se utilizaron son g/planta/m², la cual fueron transformadas a Kg/m², considerando el número de plantas que tenga en cada contenedor

f) Eficiencia del uso de agua

Se determino con la siguiente fórmula:

$$EUA = \frac{\text{Rend M.S. (kg)}}{\text{m}^3 \text{ agua utilizada}}$$

4.5.2 Análisis económico financiero en la producción agrícola

El análisis económico consiste en el cálculo del Beneficio Neto y las relaciones Beneficio Costo (B/C) en base a los rendimientos y costos obtenidos por cada tratamiento.

González de Olarte (1987) señala, la importancia del análisis económico de la producción agrícola en el campo, plantea detectar algunas producciones específicas aun no cubiertas, por un lado, y por otro plantear en el futuro con mayor propiedad alternativa de políticas de producción más apropiadas.

a. Análisis Económico de Presupuestos Parciales

Perrin, 1979 menciona que el análisis económico pretende dar la mejores alternativas al campesino productor, como consecuencia de la investigación agrícola. En este sentido, para determinar el menor costo con el que se puede obtener un mayor rendimiento, se emplea la metodología de “Presupuestos parciales” (costos y beneficios de los tratamientos alternativos) y análisis marginal (cálculo de la Tasa de retorno marginal para cada tratamiento).

b. Relación Beneficio y Costo (B/C)

La relación de beneficio/costo, es la comparación sistemática entre el beneficio o resultado de una actividad y el costo de realizar esa actividad.

CIMMYT, 1988, indica que la regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), es aceptable cuando es igual a la unidad ($B/C = 1$), y no es rentable si es menor a la unidad ($B/C < 1$).

4.5.3 Propiedades físicas del suelo

La física de suelos estudia al conjunto de factores y procesos físicos que ocurren dentro del suelo y en su superficie, que son importantes para el crecimiento de las plantas.

A partir del conocimiento de las leyes de la física de suelos y de la determinación de las propiedades físicas del suelo se desarrollan técnicas que permitan modificar

adecuadamente las condiciones del suelo para resolver problemas de producción de cultivos.

La física de suelos estudia tanto propiedades estructurales y mecánicas del suelo como el régimen de agua, aire y temperatura que son importantes en agronomía, así como, mecanismos como el de la floculación de los coloides del suelo y procesos como el del movimiento del agua debido a gradientes de temperatura y de concentración de sales, y el de formación de la estructura que resulta de la interacción entre las fuerzas moleculares y electrostáticas de los iones. Estas fuerzas determinan la resistencia mecánica que se opone a los implementos agrícolas de laboreo.

En este sentido las propiedades físicas de los suelos, junto con las químicas biológicas y mineralógicas, determinan la productividad de los suelos. El conocimiento de las propiedades físicas del suelo permite conocer mejor algunas actividades agrícolas vitales, tales como el laboreo, fertilización, drenaje, irrigación, conservación de suelo y agua.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Fluctuaciones de Temperatura de la carpa solar

La variación de las temperaturas máximas y mínimas durante el periodo que tuvo lugar el estudio, fueron casi homogéneas. La mayor temperatura que se registró fue de 39° en tanto que la menor temperatura fue de 8 °C. (Ver fig. 15)

Los parámetros físicos no son independientes entre si, tienen una relación directa ya que cuando cambia el comportamiento de uno, este hace que también cambien las condiciones de los otros. (Hartman, 1990).

Como consecuencia a estos cambios bruscos el cultivo sufre cambios fisiológicos cómo indica (Serrano, 1979), que la espinaca es una planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo 0. La duración de las horas de luz en el día tiene bastante influencia en el crecimiento y en la floración de la planta, estando bastante relacionada con la temperatura ambiente, esto confirma que los cambios bruscos bajan la producción, ya que la espinaca debe cultivarse en un rango de máximo hasta 25°C, pero gracias a que las variedades utilizadas son precoces, de gran productividad y resistentes al frío, (Serrano,1979), la baja producción a causa de la fluctuación de temperaturas es no significativa.

(Flores, 1999), menciona que la temperatura tiene mucha importancia en el desarrollo de las plantas, afecta a la intensidad y velocidad de los procesos fisiológicos, actúa en forma directa sobre la humedad y la evaporación incidiendo en la morfología vegetal.

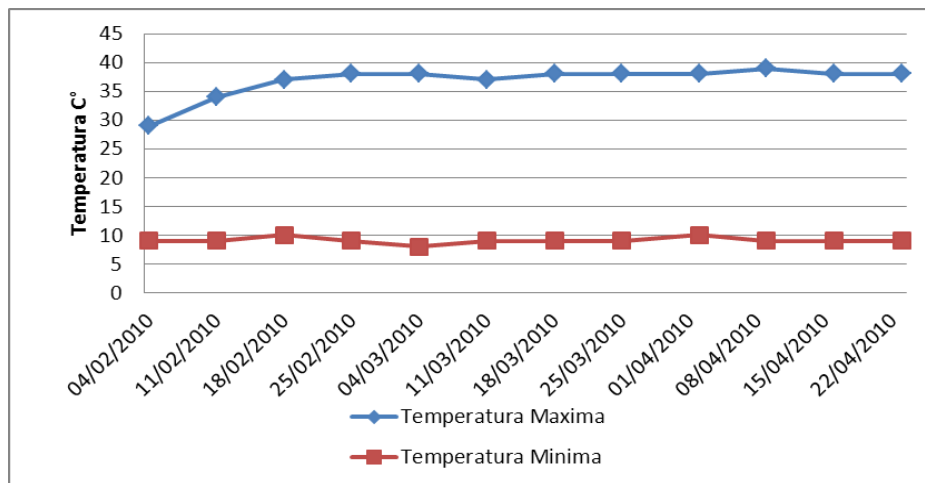


Fig. 15 Temperaturas máximas y mínimas en la carpa solar

5.2 Humedad Relativa de la carpa solar

El presente estudio observa, que la humedad relativa del ambiente se halla dentro del rango requerido por el cultivo para su buen desarrollo (figura 16), puesto que la mayoría de las plantas se desarrollan bien en ambientes donde la humedad relativa del aire fluctúa entre 30% y 80%, mayores o inferiores a estas cifras suelen alterar el crecimiento y desarrollo del cultivo, también favorecen el ataque de muchas enfermedades (Hartmann, 1990).

Se puede apreciar en la siguiente figura 4 que la fluctuación de la Humedad Relativa máxima esta entorno al 80% y la humedad relativa mínima fluctua entre 53%.

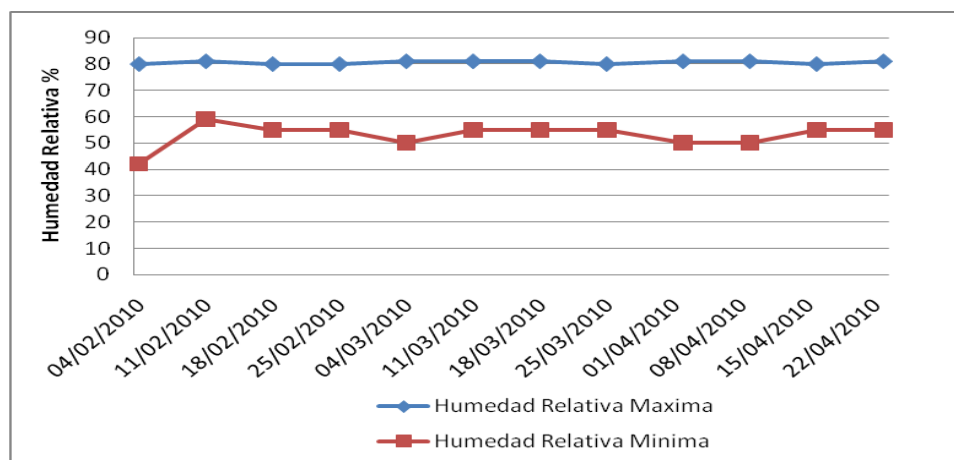
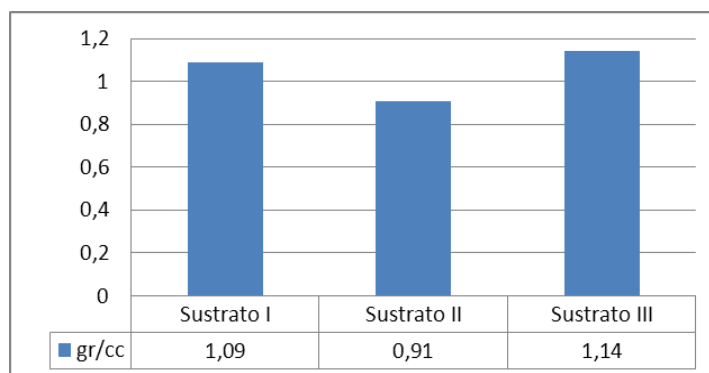


Fig. 16 Humedad Relativa del ambiente (%) al interior de la carpa.

5.3 Análisis físico del sustrato hidropónico

5.3.1. Densidad aparente

La densidad aparente es una de las propiedades físicas del suelo más importante e influye directamente sobre las demás características sobre todo en la retención de humedad y en la actividad biológica del suelo.(ver fig. 17)

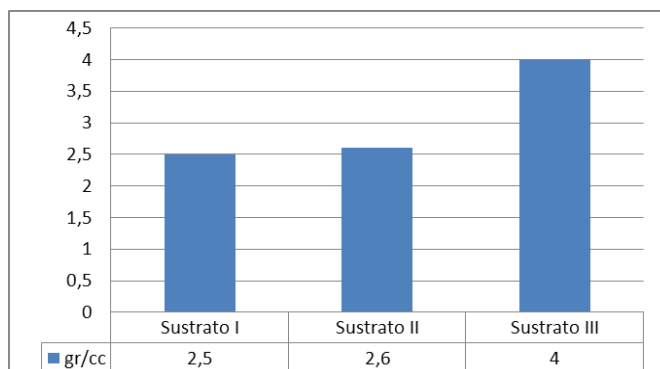


Sustrato I = 80 % ladrillo molido - 20 % aserrín, Sustrato II = 40 % ladrillo molido - 60 % cascarilla de arroz, Sustrato III = 40 % ladrillo molido - 20 % aserrín - 40 % de cascarilla de arroz

Fig. 17 Densidad aparente del sustrato hidropónico

5.3.2. Densidad real

La densidad real es la relación entre el peso del suelo y el volumen que ocupa dicho suelo, es decir que no toma en cuenta la porosidad.

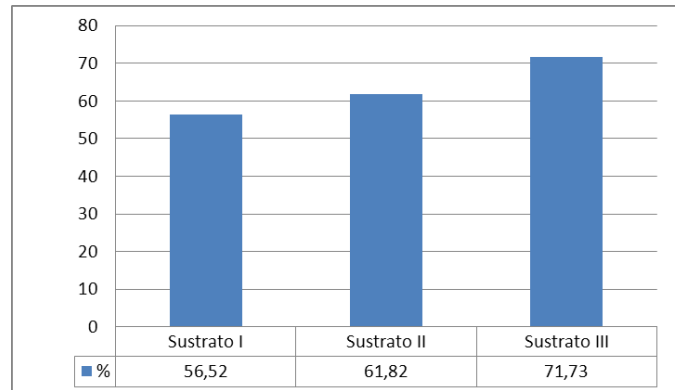


Sustrato I = 80 % ladrillo molido - 20 % aserrín, Sustrato II = 40 % ladrillo molido - 60 % cascarilla de arroz, Sustrato III = 40 % ladrillo molido - 20 % aserrín - 40 % de cascarilla de arroz

Fig. 18 Densidad real del sustrato hidropónico

5.3.3. Porosidad

La porosidad es la porción del suelo no ocupada por partículas sólidas, por lo tanto están ocupadas por el aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la porosidad.



Sustrato I = 80 % ladrillo molido - 20 % aserrín, Sustrato II = 40 % ladrillo molido - 60 % cascarilla de arroz, Sustrato III = 40 % ladrillo molido - 20 % aserrín – 40 % de cascarilla de arroz

Fig. 19 Porosidad del sustrato hidropónico

5.4 Variables Agronómicas en la cosecha

5.4.7. Altura de la planta

La tabla 9, muestra el Análisis de Varianza para la variable altura de planta, donde los bloques no presentan significancia, esto indica que la temperatura no tuvo efecto directo en el crecimiento de las plantas, así mismo, las variedades no presentan significancia lo que nos indica que entre las dos variedades en estudio, no se evidencio diferencia estadística para esta variable.

Mientras que entre los sustratos existe diferencia significativa, esto refleja que los diferentes sustratos tuvieron un gran efecto en cuanto a la variable altura de planta. Por otro lado no se reportaron diferencias estadísticas para la interacción (niveles*variedades) lo que manifiesta que cada factor actúa independientemente uno del otro.

Tabla 9. Análisis de varianza para Altura de planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr > F	Regla de decisiones
Bloq	2	7,32	3,66	1,92	0,19	NS
Sus	2	38,58	19,29	10,13	0,0039	**
Var	1	1,94	1,94	1,02	0,33	NS
Sus*var	2	7,07	3,53	1,86	0,20	NS
Error	10	19,04	1,90			
Total	17	73,96				

F.V. Fuentes de variación G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F. cal = F calculada; Pr.>F = Probabilidad de F
Bloq = Bloque; **Sus** = Sustrato; **Var** = Variedad; **NS** = No significativo; ****** = Altamente significativo.

El coeficiente de variación de 8,29 %, indica la confiabilidad de la información y se encuentra dentro del rango permitido menor a 30%.

Debido a que se presentó una diferencia significativa en sustratos, se realizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$), donde se observa (ver tabla 10) la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable altura de planta, apreciándose que los sustratos 2 y 1 son estadísticamente iguales, es decir que en estos sustratos las plantas de espinaca alcanzaron una mayor altura (en promedio 17,68 cm. aproximadamente), por otra parte, se evidencia que el sustrato 3 fue el que obtuvo las plantas con menor altura (en promedio 14,57 cm.).

Tabla 10. Prueba Duncan para sustratos

SUSTRATO	PROMEDIO (cm)	DUNCAN
2	17,72	a
1	17,63	a
3	14,57	b

De acuerdo a los resultados obtenidos para la variable altura de planta nos indica que el sustrato dos (60% de cascarilla de arroz – 40% de ladrillo molido) , y el sustrato uno (80% de ladrillo molido – 20% de aserrín) son mejores que el sustrato tres (40% ladrillo molido – 40% cascarilla de arroz – 20% de aserrín), ya que la

porosidad tiene una buena porción de sustrato, esto quiere decir que existe una buena aireación y un buen drenaje, que es beneficioso para la planta ya que este tiene una buena absorción de nutrientes.

5.4.8. Número de hojas

La tabla 11, muestra el Análisis de Varianza para la variable número de hojas, donde se puede apreciar que los bloques no presentan significancia, esto indica que la temperatura no tuvo efecto directo en el crecimiento de las plantas, así mismo, las variedades, sustratos e interacción (sustratos*variedades) no presentan significancia lo que indica que entre las dos variedades, los tres sustratos y las interacción (sustratos*variedades), no se evidencio diferencia estadística para esta variable.

Tabla 11. Análisis de varianza para número de hojas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr > F	Regla de decisiones
Bloq	2	0,07	0,04	1,82	0,21	NS
Sus	2	0,06	0,03	1,45	0,27	NS
Var	1	0,07	0,07	3,45	0,09	NS
Sus*var	2	0,04	0,02	1,13	0,36	NS
Error	10	0,19	0,02			
Total	17	0,44				

F.V. Fuentes de variación G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F. cal = F calculada; Pr.>F = Probabilidad de F
Bloq = Bloque; **Sus** = Sustrato; **Var** = Variedad; **NS** = No significativo; ****** = Altamente significativo.

El coeficiente de variación que se obtuvo con el programa SAS fue de 6,41 % el mismo que indica la confiabilidad de la información y se encuentra dentro del rango permitido menor a 30%.

El resultado obtenido para esta variable, número de hojas, nos indica que no tuvo ningún efecto en el uso de los tres tipos de sustratos.

5.4.9. Largo de hojas

La tabla 12, muestra el Análisis de Varianza para la variable “largo de hoja”, donde los bloques no presentan significancia, esto indica que la temperatura no tuvo efecto

directo en el crecimiento de las plantas, asimismo, las variedades y la interacción (sustrato*variedades) no presentan significancia lo que nos indica que las dos variedades y la interacción en estudio, no evidencia diferencia estadística para esta variable.

Tabla 12. Análisis de varianza para largo de hoja

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr > F	Regla de decisiones
Bloq	2	2,82	1,41	2,15	0,16	NS
Sus	2	5,44	2,72	4,15	0,05	*
Var	1	0,07	0,07	0,12	0,74	NS
Sus*var	2	0,77	0,38	0,59	0,57	NS
Error	10	6,56	0,65			
Total	17	15,67				

F.V. Fuentes de variación G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F. cal = F calculada; Pr.>F = Probabilidad de F
Bloq = Bloque; **Sus** = Sustrato; **Var** = Variedad; **NS** = No significativo; ****** = Altamente significativo.

El coeficiente de variación que se obtuvo con el programa SAS fue de 16,16 % el mismo que indica la confiabilidad de la información y se encuentra dentro del rango permitido menor a 30%.

Debido a que se presentó una diferencia significativa en sustratos, se realizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$). La tabla 13 muestra la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable largo de hoja, donde se puede apreciar que el sustrato 2 es estadísticamente mejor que del cual alcanzo a una altura de 8,50 cm , por otra parte, se evidencia que el sustrato 3 fue el que obtuvo las plantas con menor altura (en promedio 7,21 cm.).

Tabla 13. Prueba Duncan para sustratos

SUSTRATO	PROMEDIO (cm)	DUNCAN
2	8.50	a
1	8.20	a b
3	7.21	b

Los resultados obtenidos para esta variable, indica que el sustrato dos (40 % de ladrillo molido – 60 % de cascarilla de arroz) fue mejor con respecto a los demás sustratos, esto se debe a que el sustrato tiene buen drenaje, de consistencia media, ligeramente suelto, que la espinaca exige.

5.4.10. Ancho de la hoja

La tabla 14 muestra el análisis de varianza para la variable ancho de la hoja donde los bloques no presentan significancia, esto indica que la temperatura no tuvo efecto directo en el crecimiento de las plantas, así mismo, las variedades y la interacción (sustratos*variedades) no presentan significancia esto quiere decir que entre las dos variedades y las interacciones en estudio, no se evidencio diferencia estadística para esta variable.

Mientras que entre los sustratos existe diferencia altamente significativa, esto refleja que los diferentes sustratos tuvieron un gran efecto en cuanto a la variable ancho de la hoja.

Tabla 14. Análisis de varianza para ancho de la hoja

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr > F	Regla de decisiones
Bloq	2	1,17	0,58	3,12	0,0884	NS
Sus	2	3,63	1,82	9,71	0,0045	**
Var	1	0,59	0,59	3,17	0,1052	NS
Sus*var	2	0,24	0,12	0,65	0,5443	NS
Error	10	1,87	0,18			
Total	17	7,51				

F.V. Fuentes de variación G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F. cal = F calculada; Pr.>F = Probabilidad de F

Bloq = Bloque; **Sus** = Sustrato; **Var** = Variedad; **NS** = No significativo; ****** = Altamente significativo.

El coeficiente de variación que se obtuvo con el programa SAS fue de 8,69 % el mismo que indica la confiabilidad de la información y se encuentra dentro del rango permitido menor a 30%.

La presencia de una diferencia altamente significativa en sustratos, requirió realizar la prueba de Duncan ($p < 0,05$), la tabla 15 muestra la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable ancho de la hoja, donde

el sustrato 2 es estadísticamente mejor ya que alcanzo una altura de 5,46 cm, por otra parte, se evidencia que el sustrato 3 fue el que obtuvo las plantas con menor ancho de la hoja (en promedio 4,38 cm.).

Tabla 15. Prueba Duncan para ancho de hoja

SUSTRATO	PROMEDIO (cm)	DUNCAN
2	5,46	a
1	5,09	a b
3	4,38	b

Los resultados obtenidos para la variable ancho de la hoja estable que el sustrato dos (40% de ladrillo molidos – 60% de cascarilla de arroz) fue mejor con respecto a los otros sustratos, debido a que retiene mayor humedad, facilitando la salida de los excesos de agua, es liviano y permite la aireación de las raíces del cual requiere el cultivo de espinaca.

5.4.11. Rendimiento

La tabla 12, muestra el Análisis de Varianza para el rendimiento, donde los bloques no presentan significancia, esto indica que la temperatura no tuvo efecto directo en el crecimiento de las plantas, así mismo, las variedades no presentan significancia lo que implica que entre las dos variedades en estudio, no se evidencia diferencia estadística para esta variable.

Tabla 16. Análisis de varianza para Rendimiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. cal	Pr > F	Regla de decisiones
Bloq	2	0,21	0,10	2,44	0,14	NS
Sus	2	0,37	0,19	4,37	0,04	*
Var	1	0,01	0,01	0,35	0,56	NS
Sus*var	2	0,07	0,03	0,85	0,46	NS
Error	10	0,43	0,04			
Total	17	1,10				

F.V. Fuentes de variación G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado medio; F. cal = F calculada; Pr.>F = Probabilidad de F

Bloq = Bloque; **Sus** = Sustrato; **Var** = Variedad; **NS** = No significativo; ****** = Altamente significativo.

Asimismo no se reportaron diferencias estadísticas para la interacción (niveles*variedades) lo que manifiesta que cada factor actúa independientemente uno del otro. Mientras que entre los sustratos existe una diferencia significativa, esto refleja que los diferentes sustratos tuvieron un gran efecto en cuanto a la variable rendimiento.

El coeficiente de variación fue de 28,86 %, indicando que el manejo de los datos fue confiable y se encuentra dentro del rango permitido menor a 30%.

La presencia de una diferencia altamente significativa en sustratos, exigió realizar la prueba de Duncan ($p < 0,05$), donde se establece (ver tabla 17), la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable rendimiento; donde el sustrato 2 es estadísticamente el mejor, debido a que alcanzaron un mayor rendimiento de 0,88 Kg. Por otra parte, se evidencia que el sustrato 3 obtuvo las plantas con menor rendimiento (en promedio 0,53 Kg.).

Tabla 17. Promedio de rendimiento por sustratos

SUSTRATO	PROMEDIO (kg)	DUNCAN
2	0,88	a
1	0,75	a b
3	0,53	b

Los resultados obtenidos para esta variable indican que el sustrato dos (60% de cascarilla de arroz – 40% de ladrillo molido) obtuvo mayor rendimiento con relación a los demás sustratos uno y tres, esto se debe a que el material permite un óptimo desarrollo de las plantas, tiene una buena disponibilidad de agua y sanidad que beneficia a la planta para obtener un buen rendimiento.

5.4.12. Eficiencia de uso de agua

La tabla 18 muestra la eficiencia de uso de agua donde se observa que los tratamientos 2 (Ladrillo molido 80% - 20% Aserrín x Skookum) y 4 (Cascarilla arroz 60 % - Ladrillo molido 40% x Skookum), tuvieron un mayor aprovechamiento de agua por el cultivo con respecto a los demás tratamientos, esto se debe a que los sustratos retiene la humedad, facilita la salida de los excesos de agua, es liviano, permite la aireación de las raíces, ayuda a la retención de agua por el cultivo de espinaca.

Tabla 18 Eficiencia de uso de agua

Tratamientos	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Sumatoria (gr.)	Kg.	m3	EUA
T1	29,37	21,98	18,74	70,08	0,070	0,702	0,10
T2	39,97	28,72	21,73	90,42	0,090	0,702	0,13
T3	44,62	20,50	21,87	87,00	0,087	0,702	0,12
T4	46,62	25,68	25,36	97,67	0,098	0,702	0,14
T5	26,84	16,91	16,71	60,46	0,060	0,702	0,09
T6	26,04	19,25	13,47	58,76	0,059	0,702	0,08

La fig. 20, se muestra la diferencia que existe en cuanto a la eficiencia de uso de agua entre los tratamientos. El tratamiento 4 tiene un promedio de 0,14 m³ que nos indica que tuvo un mayor aprovechamiento la planta en la absorción del agua lo que nos indica que el sustrato dos (60% de cascarilla de arroz – 40% de ladrillo molido) ayudo a la retención efectiva de agua y de nutrientes

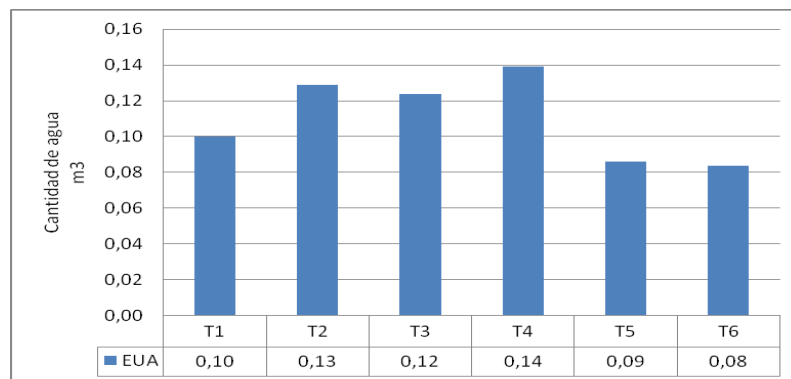


Fig. 20 Promedio de cantidad de agua

5.5 Análisis de costos parciales de producción

Se efectuó un análisis de costos de producción para la evaluación económica de los diferentes sustratos utilizados como tratamientos en la producción de espinaca.

La tabla 19 determina los costos de producción; en base a estos resultados obtenidos en el trabajo de investigación de la tesis, se obtuvieron los siguientes resultados; la columna 1 muestra los tres tipos de sustrato que se evaluaron, la columna 2 indica las variedades de espinaca que se utilizaron, de la misma forma la columna 3 hace referencia al rendimiento medio (R-M) que se obtendría al realizar tres cosechas, la columna 4 muestra un ajuste del 10% de merma al rendimiento, esto con el objetivo de descartar la sobreestimación del producto de acuerdo a las recomendaciones de CIMMYT (1988).

La columna 5 nos da a conocer el rendimiento ajustado, que es la diferencia entre el rendimiento medio y la reducción del 10%(merma). La 6ª columna nos indica el beneficio bruto (BB) que se obtendría por la venta del producto, con un precio de Bs. 30 por Kilogramo de espinaca. La siguiente columna muestra el total de los costos variables (CV) que se presenta en el Anexo 2.2.

El beneficio neto (BN) esta determinado por la diferencia existente entre el costo variable y el beneficio bruto. Una vez obtenidos estos resultados se obtiene el costo de producción (CP), dato con el que determinamos el beneficio –costo (B/C).

La interpretación de estos resultados nos muestra que la interacción de los sustratos 1 y 3 con ambas variedades (viroflay y skookum) presenta un costo beneficio menor a 1 lo que nos muestra que no es posible recuperar lo invertido.

Con el sustrato 2 y con la variedad Viroflay se observa que el B/C es igual a 1 mostrando que solo se recupera lo invertido con un porcentaje mínimo de ganancia. Esta situación se debe a que el costo de la semilla viroflay tiene un costo menor a la variedad Skokum.

Tabla 19. Análisis económico de la producción del cultivo de espinaca en ambiente protegido

Sustrato	Variedad	R-M	-10%	R-A	BB Bs/Kg	CV	BN	CP	B/C
1	Viroflay	1.90	0.19	1.71	51.30	81.16	-29.86	42.78	-0.70
	Skokum	2.59	0.26	2.33	69.90	81.79	-11.89	31.58	-0.38
2	Viroflay	2.73	0.27	2.46	73.80	53.92	19.88	19.75	1.01
	Skokum	2.54	0.25	2.29	68.70	54.55	14.15	21.48	0.66
3	Viroflay	1.58	0.16	1.42	42.60	41.96	0.64	26.56	0.02
	Skokum	1.59	0.16	1.43	42.90	42.60	0.30	26.79	0.01

R-M = rendimiento medio **R-A** = rendimiento ajustado **BB** = beneficio bruto **CV** = costos variables **BN** = beneficio neto **CP** = costo de producción **B/C** = beneficio costo **T** = tratamiento

1 = Ladrillo 80 % - aserrín 20% 2 = Cascarilla 60 % - ladrillo 40% 3 = Ladrillo 40% - cascarilla 40% - aserrín 20%

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos señalados y resultados obtenidos, luego de haber hecho el respectivo análisis e interpretación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo un comportamiento positivo, del cultivo de la espinaca, en condiciones de ambiente atemperado mostrando buenos resultados a lo largo del trabajo de investigación.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que las dos variedades de espinaca Skookum y viroflay estadísticamente no presentaron diferencia significativa.
- De los tres sustratos utilizados, se determinó que con los sustratos uno (80% Ladrillo – 20% Aserrín) se alcanzó un promedio de 17,63 cm. y con el sustrato dos (60% Cascarilla de arroz – 40% Ladrillo) se obtuvo un promedio 17,72 cm. y son los que mayor diferencia presentaron en altura con relación al sustrato 3 (40% cascarilla – 20% aserrín – 40% ladrillo) con promedio inferior que alcanzó a 14,57 cm., siendo altamente significativo, estadísticamente hablando.
- Los resultados obtenidos con los sustratos uno (80% de ladrillo molido – 20% aserrín) y dos (60% de cascarilla de arroz – 40% de ladrillo molido) se observaron resultados positivos, puesto que permiten una buena retención de humedad que mantiene a las raíces con una excelente oxigenación y un buen drenaje.
- La interacción de los tres tipos de sustrato hidropónico frente a las dos variedades de espinaca, no tuvo un gran efecto en el crecimiento y desarrollo de los mismos.
- Los resultados obtenidos para la variable rendimiento muestran que el sustrato dos (60% de cascarilla de arroz – 40% de ladrillo molido) obtiene mayor rendimiento (0.88 kg.) con relación al resto. Esto se debe a que el sustrato empleado permite un desarrollo óptimo de las plantas al poseer mayor disponibilidad de agua.

- La interacción de los sustratos 1 y 3 con ambas variedades (viroflay y skookum) presenta un costo beneficio menor a 1 lo que nos muestra que no es posible recuperar lo invertido.
- Con el sustrato 2 y con la variedad Viroflay se observa que el analisis B/C es igual a 1 mostrando que solo se recupera lo invertido con un porcentaje mínimo de ganancia. Esta situación se debe a que el costo de la semilla viroflay tiene un costo menor a la variedad Skokum.

VII. RECOMENDACIONES

Con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere la producción del cultivo de espinaca por su resistencia y tolerancia a las bajas temperaturas.
- Se recomienda el uso de sustrato hidropónico a una relación:
 1. 40 % de ladrillo molido – 60 % de cascarilla de arroz
 2. 80% de ladrillo molido - 20% de aserrín

Debido a que se tiene un mayor grado de retención de H₂O lo que permite obtener mejores resultados. Además estos mismos sustratos pueden ser aptos para otro tipo de cultivos de hojas como la acelga, apio, lechuga, etc.

- Realizar estudios agronómicos con otros tipos de sustratos que estén al alcance del agricultor y con otras variedades, para ver las ventajas que podrían presentar.
- Se recomienda que esta clase de investigación se complemente con otras, como la producción intensiva en invierno, ya que este cultivo soporta muy bien las variaciones de temperatura.
- Se recomienda la investigación para la producción del cultivo de espinaca en el sistema líquido para ver el comportamiento productivo y sus rendimientos con las mismas variedades.
- Con relación a la producción se recomienda incentivar a las familias a diversificar su producción de hortalizas con estas variedades de espinaca, para que se incorpore en su alimentación diaria.
- Realizar investigaciones con los mismos sustratos y en diferentes variedades de espinaca así como en las diferentes estaciones y épocas del año para comparar los rendimientos obtenidos.

- Realizar trabajos de investigación en cultivos hidropónicos por ser una alternativa en la producción agrícola para el altiplano y alimentación de los propios productores y familias.

VIII. BIBLIOGRAFIA

BERNAT, C; Victoria; Martines, J (1987). Invernaderos; Edición AEDOS, Barcelona España pp. 5-13.

BORREGO, M. 1995. Horticultura Herbácea Especial. Segunda Edición. Mundi Prensa. Madrid España pp255-258.

BLANCO, T. Gonzáles, J. Augustburger, F. 1999, Invernaderos Campesinos en Bolivia. Ecotop. La Paz, Bolivia pp90.

ESTRADA, J. 2003. Aplicación fraccionada de nitrógeno y análisis de crecimiento en dos variedades de espinaca. Tesis de Grado. UMSA Facultad de Agronomía.

ESTRADA, J. 1990, Técnicas de producción para hortalizas, CEDEFEOA (Centro de desarrollo y fomento a la auto – ayuda), La Paz – Bolivia, pp. 10 – 13.

FAO. 2005. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Reino de Bélgica.

FLORES, J. 1999. Carpas solares, técnicas de construcción. Editorial Huellas. La Paz – Bolivia. p. 10-28.

GUZMAN, M. 1993, Construcción y manejo de invernaderos; (Memorias – UMSA), pp. 3 -7.

HARTMANN, F. 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. FADES. La Paz – Bolivia, p: 30,38 – 90
HOWARD, M. 1987, Cultivos hidropónicos, Ediciones Mundi – Prensa, Madrid - España pp.98 – 150.

HOWARD (1997) 2001 Cultivos Hidropónicos Ediciones Mundi – Prensa, Madrid – España.

HUTERWALL, G. 1956, Hidroponía cultivo de plantas sin tierra. Editorial Hobby, Buenos Aires – Argentina, pp. 160 – 200.

I.N.E. 2002. Instituto Nacional de Estadísticas . La Paz – Bolivia.

I.N.E, et al, 1999, Bolivia un mundo de potencialidades, Atlas Estadístico de Municipios, Editorial Talleres del Centro de Información para el Desarrollo CID, La Paz – Bolivia pp. 203.

I.N.E. 2002. Instituto Nacional de Estadísticas . La Paz – Bolivia.

IZQUIERDO, J. 2005. Hidroponía Popular, Oficina Regional de la FAO, Santiago – Chile. P. 50.

LÓPEZ, M. 1994, Horticultura. Ediciones Trillar. México. pp118-128.

MARULANDA, C. 2003, Hidroponía familiar en Colombia desde el eje cafetalero, Editorial Optigraf, Armenia – Colombia. Pp. 41-50

MICHELENA, V., *et. al.* 2004, Manual de Micro huertas en Venezuela, Caracas – Venezuela.

PENNINGSFELD, F. 1983, Cultivo Hidropónico y en Turba, editorial Mundi- Prensa, segunda edición, España, pp. 23 – 256.

RODRIGUEZ, M. 1991. Fisiología Vegetal. 2ª ED. Cochabamba –La Paz. Ed. Los amigos del libro. pp. 344 - 360.

RODRIGUEZ, S. 1982, Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Editorial AGTSA México. D.F. México p33

SERRANO, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero, 1ra Edición. ED. Barcelona España. Pp360.

UNTERLADSTATTER, R. 2000, La Horticultura en el Sub Trópico Húmedo y Sub Húmedo de Bolivia. Santa Cruz-Bolivia. Facultad de ciencia Agrícolas U.A.G.R.M.

VALDEZ. A. 1995. Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. 1ra. Edición. La Paz – Bolivia. p. 13 – 26.

VIGLIOLA, M. 1992. Manual de Horticultura. Editorial, Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina. P. 81-89

HOYOS (1995) Cultivos hidropónicos secretaria agricultura, Antioquia- Colombia 37p

ANEXOS

ANEXO 1
BASE DE DATOS

Variable: Altura de planta.

Promedio de altura de planta

Tratamientos	Sustratos	Variedades	Bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	S1	V1	17.03	18.47	16.08
T2	S1	V2	18.23	18.23	17.79
T3	S2	V1	18.66	18.13	17.41
T4	S2	V2	19.01	17.38	15.76
T5	S3	V1	13.83	16.23	16.94
T6	S3	V2	13.49	15.93	11.04

Fuente: Elaboración propia (2011)

Variable: Largo de la hoja.

Promedio de largo de la hoja

Tratamientos	Sustratos	Variedades	Bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	S1	V1	7,67	8,83	7,72
T2	S1	V2	8,09	8,83	8,09
T3	S2	V1	7,93	8,19	8,55
T4	S2	V2	9,21	8,78	8,35
T5	S3	V1	6,38	7,85	8,06
T6	S3	V2	7	8,72	5,28

Fuente: Elaboración propia (2011)

Variable: Ancho de la hoja.

Promedio de ancho de hoja

Tratamientos	Sustratos	Variedades	Bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	S1	V1	4.57	5.67	4.32
T2	S1	V2	5.25	5.47	5.27
T3	S2	V1	5.02	5.19	5.32
T4	S2	V2	6.00	5.75	5.50
T5	S3	V1	3.83	4.70	4.55
T6	S3	V2	4.40	5.23	3.57

Fuente: Elaboración propia (2011)

Variable: Número de hoja.

Promedio de numero de hoja

Tratamientos	Sustratos	Variedades	Bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	S1	V1	4	4	5
T2	S1	V2	4	4	3
T3	S2	V1	5	4	3
T4	S2	V2	4	4	4
T5	S3	V1	5	4	3
T6	S3	V2	3	3	3

Fuente: Elaboración propia (2011)

Variable: Rendimiento.

Promedio del rendimiento comercial

Tratamientos	Sustratos	Variedades	Bloque I	Bloque II	Bloque III
T1	S1	V1	0.59	0.75	0.55
T2	S1	V2	0.68	1.20	0.71
T3	S2	V1	1.06	0.70	0.97
T4	S2	V2	1.11	0.97	0.46
T5	S3	V1	0.46	0.63	0.49
T6	S3	V2	0.53	0.78	0.28

Fuente: Elaboración propia (2011)

ANEXO 2
COSTOS DE PRODUCCION.

1. PRESUPUESTO

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO/UNID.	Sub Total Bs.	Sub Total \$us.
Mano de Obra					
Operario	Hra. (78 días)	78	2.5	195	27.86
Material de escritorio					
material de escritorio	Global	1	50	50	7.14
Materiales de campo					
Plástico negro (130 micras)	Pza	18	2.5	45.00	6.43
Construcción del contenedor (1m ²)	Pza	18	42.29	761.22	108.75
Material vegetal (Semillas)					
Variedad viroflay	Gramos	5	0.35	1.76	0.25
Variedad hibrida Skookum	Gramos	5	0.99	4.94	0.71
Sustrato					
Ladrillo	cubo	3.5	150	525.00	75.00
Aserrín	sacos	5	5	25.00	3.57
Cascarilla de arroz	sacos	5	5	25.00	3.57
Nutrientes					
Nutriente mayor y menor (semana)	kit	11	12	132.00	18.86
Agua	Global	1	10	10.00	1.43
SUB – TOTAL				1,774.92	253.56
Imprevistos (10%)	Global			177.49	25.36
TOTAL				1,952.42	278.92

2. Costo de variable por tratamiento

Tratamiento	Costo gr./semilla	Precio/sustrato	Nutriente	Total
T1	0.35	58.81	22	81.16
T2	0.99	58.81	22	81.80
T3	0.35	31.57	22	53.92
T4	0.99	31.57	22	54.56
T5	0.35	19.62	22	41.97
T6	0.99	19.62	22	42.61

ANEXO 3
FOTOS DURANTE EL TRABAJO DE INVESTIGACION



Fig. 1 Construcción de contenedores



Fig. 2 Materiales que se utilizaron para la mezcla de los sustratos



Fig. 3 Ubicación de los contenedores con los plantines de espinaca



Fig. 4 Riego y nutrición a cultivo de espinaca en sustrato sólido



Fig. 5 Remoción del sustrato para la aireación y el control del cultivo de espinaca



Fig. 6 Toma de datos de altura del cultivo de espinaca



Fig. 7 Toma de datos del ancho de hoja Fig. 8 Cosecha del cultivo de espinaca



Fig. 9 Pesado del cultivo de espinaca



***Fig. 10 Hojas de espinaca acomodadas en las bandejas
Para introducirlas a la estufa***



Fig. 11 Ingreso de las hojas a la estufa para poder determinar la cantidad de agua que tiene el cultivo de espinaca